

HOK-Elannon vähittäismyyntikauppojen tavoiteltavat energiatehokkuustasot

Pro gradu -tutkielma

Jenni Styrman

Tammikuu 2018

Helsingin yliopisto

Taloustieteen laitos

Ympäristöekonomia

Tiedekunta/Osasto		Laitos
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Taloustieteen laitos
Tekijä		
Jenni Maria Styrman		
Työn nimi		
HOK-Elannon vähittäismyyntikauppojen tavoiteltavat energiatehokkuustasot		
Oppiaine		
Ympäristöekonomia		
Työn laji	Aika	Sivumäärä
Pro gradu -tutkielma	Tammikuu 2017	75
<p>Tiivistelmä</p> <p>Energiatehokkuuden parantaminen on tunnistettu merkittäväksi työkaluksi päästöjen ja energian käytön vähentämiseen. Energiatehokkuus määritellään usein tarvittavan energiamäärän ja sillä saatavan tuotoksen suhdelukuna, jonka mukaan energiatehokkuus parantuu, jos saman tuotoksen tuottamiseen tarvitaan aikaisempaa pienempää energiapanosta. Rakennusten energiatehokkuutta tarkasteltaessa yleisenä indikaattorina käytetään ominaiskulutusta, jossa energiankulutusta suhteutetaan rakennuksen pinta-alaan tai tilavuuteen.</p> <p>Tämä pro gradu -tutkielma toteutettiin toimeksiantona Helsingin Osuuskauppa Elannolle (HOK-Elanto). Tutkielman tarkoituksena oli selvittää, kuinka paljon energiatehokkuutta voidaan vielä parantaa HOK-Elannon vähittäismyyntikaupoissa ja kuinka paljon taloudellista hyötyä energiatehokkuuden parantamisella saavutetaan. Toimenpiteiden taloudellista kannattavuutta tutkittiin nettonykyarvomenetelmällä. Lisäksi laskettiin energiatehokkuustoimenpiteillä saavutettavat päästövähennykset. Vähittäismyyntikaupasektorilla on tunnistettu olevan useita potentiaalisia keinoja, joilla voidaan vähentää energiankulutusta. Tässä tutkielmassa tarkasteltavaan keinovalikoimaan sisällytettiin kylmäjärjestelmien uusimiset, valaistuksen led-teknologiaan siirtyminen sekä ilmanvaihdon optimointi. Kylmäjärjestelmien uudistamiset ovat ajankohtaisia, sillä F-kaasuasetuksen myötä useat nykyisin käytössä olevat kylmäaineet tulee korvata kylmäaineilla, joilla on alhaisempi ilmastoa lämmittävä vaikutus. Edellä mainittujen keinojen lisäksi tutkittiin, milloin aurinkosähkön käyttöönotto voisi olla kannattavaa HOK-Elannon myymäläkiinteistöissä, ja kuinka suuret hyödyt aurinkosähköllä saavutettaisiin.</p> <p>Tutkielman tulosten mukaan vuosittaista energiansäästöpotentiaalia on yhteensä noin 28 GWh, joka vastaisi noin 2,4 miljoonan euron vuotuista säästöä energiakustannuksissa. Nykyisen valaistuksen vaihtaminen led-teknologiaan tuottaa suurimmat energiansäästöt. Myös kylmäjärjestelmien uusimisella saavutetaan merkittävää energiansäästöä, mutta suurten investointikustannusten takia järjestelmien uusimista suositellaan tehtäväksi F-kaasuasetuksen asettamissa rajoissa sitä mukaa, kun laitteiden uusimistarpeita esiintyy. Ilmanvaihdon optimointi osoittautui epävarmaksi energiatehokkuuskeinoksi, sillä nykyisiä ilmanvaihtokoneita ei välttämättä pystytä käyttämään niin pienillä tehoilla, että energiansäästöä pystyttäisiin saavuttamaan. Aurinkosähkөөn investoiminen ei ole taloudellisesta näkökulmasta kannattavaa nykyisillä energianhinnoilla ja investointikustannuksilla. Mikäli energiatehokkuustoimenpiteistä toteutetaan vain valaistuksen ja kylmäjärjestelmien uusimiset, parantuu Alepa - ja S-market -ketjujen energiatehokkuustasot noin 20 % ja Prisma-ketjun noin 28 %.</p>		
Avainsanat		
Energiatehokkuus, vähittäismyyntikaupat, EEI, F-kaasuasetus		
Säilytyspaikka		
ethesis.helsinki.fi		
Muita tietoja		

Faculty		Department
Faculty of Agriculture and Forestry		Department of economics and management
Author		
Jenni Maria Styrman		
Title		
Target levels of energy efficiency in HOK-Elanto retail stores		
Subject		
Environmental economics		
Level	Month and year	Number of pages
Master's thesis	January 2017	75
<p>Abstract</p> <p>Improving energy efficiency has been recognized as a major tool for reducing energy use and emissions. Energy efficiency is most often defined as the ratio of required energy input and resulting output. Accordingly, energy efficiency improves whether less energy input is needed to produce the same output. In the context of building's energy efficiency, the usual indicator is a specific energy consumption or the so-called energy efficiency index (EEI) which is used to examine energy consumption proportional to building's surface area or volume.</p> <p>This Master's thesis was an assignment to HOK Elanto co-op. The aim of this thesis was to examine both the amount of the remaining energy-saving potential in HOK-Elanto retail stores and economic benefits that could be achieved by improving energy efficiency. Economic viability of energy efficiency measures was examined with the net present value method. In addition, the emission reductions achieved through these measures were calculated. Plenty of measures which reduce energy consumption have been recognized to exist in the retail trade sector. In this thesis energy efficiency measures examined were refrigeration system renewals, transition to lighting led-technology and optimization of ventilation. Renewing refrigeration systems is very timely due to F-gas regulation in which is stated that most of the current refrigerants must be replaced with those refrigerants that have smaller global warming potential. In addition to the above-mentioned measures, it was studied when the introduction of solar PV could be profitable in HOK-Elanto's store properties and how much economic benefits would be achieved.</p> <p>The results of this thesis show that there exists 28 GWh of annual energy saving potential which corresponds with annual savings of 2,4 million euros. The biggest savings are achieved through lighting technology changes. Also refrigeration system renewals yield significant energy savings but due to high investment costs, renewals are recommended to implement within the limits set by F-gas regulation as when there is actual need to renew the systems. Optimization of ventilation turned out to be an uncertain energy efficiency measure because the current ventilation units may not be able to operate at such low levels that energy savings could be achieved. Solar PV investments turned out to be unprofitable at this point in time due to relatively low energy prices and high investment costs. Whether only lighting and refrigeration systems are renewed in HOK-Elanto retail stores, energy efficiency level in Alepa and S-market chains will improve approximately by 20 % and in Prisma-chain by 28 %.</p>		
Keywords		
Energy efficiency, retail stores, EEI, F-gas regulation		
Where deposited		
ethesis.helsinki.fi		
Additional information		

Sisällys

Käsitteet ja lyhenteet	5
1. Johdanto	6
2. Energiatehokkuus ja energiansäästö	9
2.1. Kansainväliset ilmastotavoitteet	10
2.2. Energiatehokkuuden parantamisen ohjaukeinoja	11
2.3. Energiatehokkuuden ja päästöjen mittareita vähittäismyyntikaupoissa.....	14
2.4. Sähk6nkulutuksen jakauma vähittäismyyntikaupoissa.....	18
2.5. Energianhallinnan moniulotteisuus ja haasteet market-ympärist6ssä	19
2.6. Energiansäästö: kylmläitteiden erityishaaste.....	22
3. Energiatehokkuus HOK-Elannossa.....	26
3.1. Energiatehokkuuden toteutuminen.....	27
3.2. Sähk6nkulutuksen jakauma HOK-Elannon vähittäismyyntikaupoissa	29
4. Tutkimusmenetelmät	32
4.1. Energiatehokkuustoimenpiteiden tarkastelu.....	34
4.2. Nettonykyarvomenetelmä	41
4.3. Aurinkosähk6n käyttö6nnotto	42
4.4. Pinta-alojen ja ominaiskulutusten välinen korrelaatio	45
5. Aineiston kuvailu.....	46
6. Tulokset.....	50
6.1. Saavutettavat hy6dyt	50
6.2. Toimenpiteiden kannattavuus	53
6.3. Vähittäismyyntikauppaketjujen tavoiteltavat energiatehokkuustasot	56
7. Johtopäätökset	59
Lähteet	62
Liitteet	67
Liite 1. Tutkimuksessa mukana olleet myymälät.	67
Liite 2. Ilmanvaihdon tarkastelussa käytetyt asiakasmäärät.	72
Liite 3. Eri valmistajien loisteputkilamppujen valotehokkuuksia.	73
Liite 4. Vähittäismyyntikauppaketjujen ominaiskulutukset	74

Käsitteet ja lyhenteet

EED	Energiatohokkuusdirektiivi (Energy Efficiency Directive)
EEl	Energy efficiency index
EPBD	Rakennusten energiatohokkuusdirektiivi (directive on Energy Performance of Buildings)
EU	Euroopan Unioni
GWP	Global warming potential
IEA	International Energy Agency
IV	Ilmanvaihto
kW _p	Aurinkosähkijärjestelmän nimellisteho
miinuspuoli	Kylmäjärjestelmä, joka tuottaa kylmäenergiaa < 0° säilytykseen
NEEAP	National Energy Efficiency Action Plan
pluspuoli	Kylmäjärjestelmä, joka tuottaa kylmäenergiaa > 0° säilytykseen
YK	Yhdistyneet Kansakunnat
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

1. Johdanto

Energiatehokkuudesta on tullut olennainen käsite nykypäivän energia- ja ilmastopolitiikkaan. Esimerkiksi Euroopan Unionilla on tavoite, jonka mukaan energiatehokkuuden tulee parantua 27 prosenttia vuoteen 2030 mennessä (TEM, 24). Energiatehokkuuden parantamista ohjaavat erilaiset lainsäädännölliset ja taloudelliset kannustimet. Energiatehokkuudella ei kuitenkaan ole yhtä yksiselitteistä määritelmää, mutta useimmiten sillä tarkoitetaan tarvittavan energiamäärän ja saavutettavan tuotoksen suhdetta. Energiatehokkuus parantuu, kun saman tuotoksen tuottamiseen tarvittavan energian määrä pienenee. (Patterson 1996, 377).

Energiatehokkuus on kuitenkin muutakin kuin vain pelkkä käsite. IEA:n raportin (2016, 13) mukaan IEA-maat ovat vuodesta 2000 asti tehdyillä energiatehokkuustoimenpiteillä saavuttaneet vuonna 2015 energiansäästöä 450 miljoonan öljykvivalenttitonnin verran. Tämä määrä riittäisi esimerkiksi koko Saksan ja Espanjan yhteenlaskettuun vuoden energiankulutukseen. Energiatehokkuustoimenpiteitä on kuitenkin edelleen lisättävä, jotta voidaan saavuttaa Pariisin ilmastokokouksessa hyväksytty kahden asteen raja ilmaston lämpiämiseksi. Energiatehokkuus onkin ”ainut energioresurssi, joka on kaikilla mailla hallussaan”. (mts. 17, 18).

HOK-Elanto ¹ on mukana vapaaehtoisuuteen perustuvassa Elinkeinoelämän energiatehokkuussopimuksessa, mutta on asettanut sopimusta tiukemman energiansäästötavoitteen. Tavoitteen mukaisesti energiatehokkuuden tulisi parantua 30 prosenttia vuoteen 2020 mennessä vuoden 2009 tasosta. Vuoden 2016 loppuun mennessä tehdyillä toimenpiteillä on saavutettu kumulatiivisesti jo yli 21 miljoonan euron säästö energiakustannuksissa.

Tässä tutkielmassa tutkitaan, kuinka paljon HOK-Elannon vähittäismyyntikaupat voivat vielä parantaa energiatehokkuuttaan eli mikä olisi niiden tavoiteltava energiatehokkuustaso. Tämän tason laskemiseksi selvitetään, mitkä ovat parhaimmat

¹ Tämä pro gradu -tutkielma toteutetaan toimeksiantona Helsingin osuuskauppa Elannolle (HOK-Elanto).

keinot parantaa vähittäismyyntikauppojen energiatehokkuutta ja kuinka paljon energiansäästöä kyseisillä keinoilla voidaan saavuttaa. Energiatehokkuustaso määritellään energiankulutuksena myymälän pinta-alan neliötä kohden (ominaiskulutus) ja tavoiteltavat tasot saadaan vähentämällä valittujen energiatehokkuustoimenpiteiden tuomat energiansäästöt nykyisistä ominaiskulutuksista. Tutkimuksessa tarkastellaan kolmea HOK-Elannon myymäläketjua (Alepa-, S-market - ja Prisma-ketju). Sähkön käytöstä muodostuu suurin energiakustannus, joten tässä tutkielmassa tarkastellaan vain niitä energiatehokkuustoimenpiteitä, jotka vähentävät sähkön käyttöä. Lisäksi raja-asetetaan myymälän sisällä oleviin toimintoihin – rakennustekniikkaan liittyviin ratkaisuihin ei tässä työssä oteta kantaa.

Vähittäismyyntikauppojen energiatehokkuutta on tutkittu melko paljon. Etenkin kylmälaitejärjestelmiin ja eri järjestelmien vertailuun liittyvää tutkimusta on paljon. Tässä tutkielmassa tarkastellaan kylmäjärjestelmien uudistuksia yhtenä energiatehokkuustoimenpiteenä. Kylmäjärjestelmien tarkastelu on myös ajankohtaista, sillä kylmäainelainsäädännön uudistuksen myötä nykyisin yleisesti käytettyjä kylmäaineita ei saa enää käyttää vuoden 2030 jälkeen, vaan on siirryttävä ympäristöä vähemmän kuormittaviin kylmäaineisiin. Lisäksi kirjallisuudesta saatujen käsitysten mukaan kylmäsiilytys on yksi eniten energiaa kuluttavista toiminnoista vähittäismyyntikaupoissa. Muita tässä tutkielmassa tarkasteltavia keinoja ovat ilmanvaihdon optimointi sekä led-valaistukseen siirtyminen, sillä myös niihin liittyvillä toiminnoilla on merkittävä osuus myymälöiden sähkönkulutuksista. Energiatehokkuustoimenpiteiden lisäksi tässä tutkielmassa tarkastellaan, milloin aurinkosähkön käyttöönotto voisi olla kannattavaa HOK-Elannon myymäläkiinteistöissä. Uusiutuvan energian käyttöön kannustetaan poliittisella tasolla, mutta myös S-ryhmä on vastuullisuusstrategiassaan linjannut lisäävänsä uusiutuvan energian käyttöä.

Tässä tutkielmassa hyödynnetään sekä käytännöstä että teoriasta saatavaa tietoa. Energiansäästökeinojen tunnistamisen lisäksi tutkitaan keinojen taloudellista kannattavuutta ja käytännön toteutettavuutta. Taloudellista kannattavuutta tutkitaan nettonykyarvomenetelmällä. Edellä mainittujen tunnuslukujen avulla tehdään

suosituksia toimenpiteiden toteuttamisen priorisoinnista sekä käytetään apuna tavoiteltavien energiatehokkuustasojen laskennassa. Lisäksi lasketaan energiatehokkuustoimenpiteillä saavutettavat päästövähennykset. Ne kuvaavat toimenpiteillä saavutettavaa yhteiskunnan hyötyä, sillä HOK-Elanto ei suoranaisesti joudu kustantamaan toiminnastaan aiheutuvia päästöjä. Tämän pro gradu -tutkielman tulokset ovat tukena HOK-Elannon seuraavien energiansäästötavoitteiden asettamisessa. Tuloksia voidaan hyödyntää myös muiden S-ryhmän alueosuuskauppojen vastaavissa tavoiteasetannoissa.

Tutkielman rakenne etenee siten, että aluksi esitellään energiatehokkuutta yleisellä tasolla, energiatehokkuuteen liittyviä direktiivejä sekä energiatehokkuussopimuksia. Lisäksi kuvaillaan, miten energiatehokkuutta tarkastellaan nimenomaan vähittäismyyntikauppojen toimialalla. Tämän jälkeen esitetään tarkemmin kylmäjärjestelmien energiansäästömahdollisuuksia, sillä kylmäsäilytykseen kuluvan sähkön osuus on vähittäismyyntikaupassa huomattavan suuri. Luvussa kolme tuodaan esille energiatehokkuuden merkitystä HOK-Elannolla. Luvussa neljä puolestaan kerrotaan tässä tutkielmassa käytetyistä menetelmistä ja luvussa viisi esitetään aineistoon liittyviä tunnuslukuja. Kahdessa viimeisessä luvussa keskitytään tuloksien esittämiseen ja tulkintaan, tuloksien merkitykseen HOK-Elannon energiatehokkuudessa sekä muiden tämän tutkielman aikana esiintyneiden seikkojen pohdiskeluun.

2. Energiatehokkuus ja energiansäästö

Energiatehokkuuden kehittämiseen mikrotasolla motivoi usein pyrkimys parantaa tuottavuutta tai säästää energiakustannuksissa. Makrotasolla kannustimina toimivat puolestaan tavoite vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä sekä halu parantaa energiaomavaraisuutta. Käsitteitä ”energiatehokkuus” ja ”energiansäästö” käytetään usein rinnakkain, vaikka niillä on eri merkitys. Energiatehokkuuden parantamisen taustalla on usein tekninen kehitys, kun taas energiansäästössä on kyse energiankulutuksen vähentämisestä toimintatapoja muuttamalla (kuten valaistusta himmentämällä). (Herring 2006, 11). Kaupan alalla voidaan tehdä toisaalta energiatehokkuuteen ja toisaalta energiansäästöön liittyviä toimenpiteitä. Energiatehokkuustoimenpiteisiin kuuluvat esimerkiksi led-valaistuksen tai kylmälaitteiden energiansäästöpuhaltimien käyttöönotto ja energiansäästöön esimerkiksi kylmälaitteiden lämpötilojen optimointi.

Energiatehokkuuteen liittyvää tutkimusta on monenlaista. Aihetta voi esimerkiksi tarkastella teknisestä näkökulmasta ja tutkia erilaisten laitteiden tai teollisuuden prosessien energiankulutusta ja optimointia. Kirjallisuudesta löytyy myös tutkimusta itse energiatehokkuuden käsitteellisistä määritelmistä sekä siitä, kuinka energiatehokkuutta tulisi mitata. Paljon on tutkittu myös sitä, minkälaisia esteitä yritykset kohtaavat harkitessaan energiatehokkuusinvestointeja. Taloustieteessä tutkitaan esimerkiksi energiatehokkuuteen johtavia kannustimia ja niiden toimivuutta. Lisäksi hiljattain on alettu kyseenalaistaa energiatehokkuuden päästöjä vähentävää vaikutusta. Tähän liittyen argumentoidaan, että yksinään energiatehokkuuden parantaminen ei johda energiankäytön vähentymiseen, vaan aikaansaa niin kutsutun ”rebound-efektin”. Tässä ilmiössä energiankäytön tehostuminen johtaa energiasta maksettavan hinnan alenemiseen ja sitä kautta energiankäytön ja päästöjen lisääntymiseen. (ks. esim. Herring 2006; Turner & Hanley 2011). Vähittäismyyntikauppojen näkökulmasta olisi kiinnostavaa tarkastella myös sellaista tutkimusta, jossa selvitetään yritysten ympäristöystävällisyyden tai energiatehokkuuden vaikutusta kuluttajien ostokäyttäytymiseen. Yhden kirjallisuudesta löytyneen tutkimuksen mukaan kuluttajien tietoisuutta

energiatehokkuudesta tulisi edelleen lisätä, jotta he voisivat mahdollisesti muuttaa ostokäyttäytymistään, ja että yritykset saisivat sitä kautta hyötyä tekemistään energiatehokkuustoimenpiteistä (Ochieng ym. 2014, 390, 393).

2.1. Kansainväliset ilmastotavoitteet

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ilmastomuutoksen hillitsemiseksi on keskeinen teema, joka motivoi energian tehokkaaseen käyttöön. Vuonna 1994 voimaan astunut YK:n ilmastomuutosta koskeva puitesopimus (UNFCCC) toimii kansainvälisen ilmastotyön pohjana. Yksi merkittävimmistä puitesopimuksen jälkeisistä saavutuksista on kansainvälinen Kioton pöytäkirja, jolla pyritään vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä. Kioton pöytäkirjan toinen velvoitekausi on vuosille 2013-2020, mutta siihen sitoutuneita valtioita on vähemmän kuin ensimmäisellä kaudella. Puitesopimuksen 21. osapuolikonferenssissa Pariisissa vuonna 2015 saatiin kuitenkin sovittua niin kutsutusta Pariisin sopimuksesta, jossa on mukana tällä hetkellä 160 ilmastopimituksen osapuolta (UNFCCC, Paris Agreement - Status of Ratification). Sopimuksella pyritään rajoittamaan ilmaston lämpiäminen alle kahteen asteeseen (pyrkien kuitenkin 1,5 asteeseen) esiteolliseen aikaan verrattuna (UN 2015, 3).

Ilmakehän otsonikerroksen suojelua varten kaikki valtiot allekirjoittivat niin kutsutun Wienin yleissopimuksen, joka tuli voimaan vuonna 1988. Wienin yleissopimus sai jatkoa vuonna 1989 Montrealin pöytäkirjalla. Pöytäkirjalla ja sen myöhemmillä lisäyksillä pyritään rajoittamaan otsonikerrosta tuhoavien aineiden ja kasvihuonekaasujen käyttöä. Ensimmäiset rajoitukset koskivat muun muassa CFC-yhdisteitä (nk. freonit) ja haloneita, joiden käyttö lopulta kiellettiin kokonaan. Viimeisin rajoitus koskee fluorihilivetyjä, joiden käyttöä pyritään vähentämään merkittävästi tulevien vuosikymmenien aikana. (ks. UNEP 2017). EU:ssa fluorihilivetyjen käyttöä rajoitetaan F-kaasuasetuksella. Asetuksesta kerrotaan hieman tarkemmin luvussa 2.5.

EU päätti vuonna 2007 energia- ja ilmastopaketesta (niin kutsuttu ”2020 paketti”), jonka mukaan energiatehokkuutta tulisi parantaa 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. Vertailukohtana on vuonna 2007 laadittu arvio energiankulutuksen kehityksestä. Samassa paketissa linjattiin myös, että vuoteen 2020 mennessä

uusiutuvan energian osuus energiankulutuksesta tulee nostaa 20 prosenttiin ja että kasvihuonekaasupäästöjä tulee vähentää 20 prosenttia vuoden 1990 tasosta.

EU:n energia- ja ilmastopaketti päivitettiin vuonna 2014, jolloin asetettiin tavoitteet myös vuodelle 2030. Uudessa paketissa vuoden 2030 energiatehokkuustavoite asetettiin 27 prosenttiin. Myös uusiutuvilla energialähteillä tuotetun energian osuus asetettiin 27 prosenttiin ja lisäksi kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoite 40 prosenttiin (vuoden 1990 tasosta). (TEM, 20–21, 24). Marraskuussa 2016 Euroopan komissio ehdotti energiatehokkuustavoitteen nostamista EU-tasolla sitovaan 30 prosenttiin. Energiatehokkuustavoitetta ei kuitenkaan jaettaisi jäsenmaiden kesken. (Euroopan komissio 2016a, 2, 8).

2.2. Energiatehokkuuden parantamisen ohjauskeinoja

Energiatehokkuuden parantamiseen voidaan käyttää erilaisia ohjauskeinoja, kuten verotusta (esimerkiksi energiasta maksettavasta hinnasta) tai tukiaisia (esimerkiksi energiatehokkaan teknologian käyttöönottoon). Suomessa työ- ja elinkeinoministeriö voi myöntää energiatukea uusiutuvan energian käyttöön, energiatehokkuuden parantamiseen tai ympäristöhaittoja vähentäviin investointeihin (tai katselmuksiin). Myös lainsäädäntö toimii ohjauskeinona, kun esimerkiksi asetetaan vaatimuksia energiamerkintöihin tai rajoitteita energian käyttöön liittyen. Tässä luvussa esitetään lyhyesti muutama EU:n direktiivi, joiden avulla ohjataan energiatehokkuuden parantamiseen. Lisäksi kerrotaan Suomen energiatehokkuussopimustoiminnasta, jossa myös HOK-Elanto on osana S-ryhmää mukana.

Direktiivit

Energiatehokkuuden kehittämistä ohjaavat EU:ssa muun muassa direktiivit. Yksi merkittävimmistä direktiiveistä on energiatehokkuusdirektiivi (EED 2012/27/EU), jonka artiklassa 3 veloitetaan jäsenmailta kansallisen energiatehokkuustavoitteen laatimista vuodelle 2020. Artiklassa 24 puolestaan vaaditaan, että jäsenmaat toimittavat kolmen vuoden välein kansallisen energiatehokkuuden toimintasuunnitelman (NEEAP, National Energy Efficiency Plan). Energiatehokkuusdirektiivissä vaaditaan myös muun

muassa, että loppukäyttäjille jaetun energian määrässä on saavutettava 1,5 prosenttia uusia vuosittaisia säästöjä (artikla 7). Näiden säästöjen toteuttamiseen voidaan hyödyntää erilaisia vaihtoehtoisia politiikkatoimia, joihin kuuluu esimerkiksi Suomen käyttämät energiatehokkuussopimukset. Muita Suomen hyödyntämiä vaihtoehtoisia politiikkatoimia ovat muun muassa energiakatselmustoiminta sekä liikennepolttoaineiden verotus.

Kolmannessa energiatehokkuuden toimintasuunnitelmassaan (NEEAP-3, 9) Suomi on määrittänyt energian loppukulutustavoitteeksi 310 TWh vuodelle 2020. Vuonna 2016 Suomen energian loppukulutus oli 371 TWh (Tilastokeskus), joten vuoden 2020 tavoitteen saavuttamiseksi vaaditaan vielä 61 TWh:n suuruista energian loppukäytön vähentymistä. Energiatehokkuusdirektiivin artiklan 7 mukainen kokonaisenergiansäästötavoite Suomelle on puolestaan noin 49 TWh ajanjaksolla 2014-2020 (NEEAP-4, 7). Vaikuttaakin siltä, että Suomi ylittää vaaditun energiansäästö määrän reilusti, mikäli kansallinen tavoite toteutuu.

Rakennusten energiatehokkuutta ohjataan omalla direktiivillä (directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings, EPBD). Siinä säädetään muun muassa uudis- ja korjausrakentamisen energiatehokkuuden vähimmäisvaatimuksista sekä rakennusalan energiatehokkuuden laskentamenetelmästä. Direktiivin artiklan 9 mukaan vuoden 2020 jälkeen kaikkien uusien rakennusten tulisi olla lähes nollaenergiarakennuksia. ”Lähes nollaenergiarakennuksella” tarkoitetaan tässä yhteydessä rakennusta, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus. Lisäksi tarvittava energiamäärä tulisi tuottaa uusiutuvia energialähteitä suosien. Direktiivin ensimmäisessä liitteessä on annettu yleiset ohjeet energiatehokkuuden laskentamenetelmästä, joita jäsenvaltiot soveltavat omaan käyttöön. Marszal ym. (2011, 971-972) toteavat, että nollaenergiarakennukseen liittyy käsitteellisiä ongelmia, sillä siihen ei ole kansainvälisellä tasolla yhtä yhtenäistä määritelmää tai laskentametodia. Toisaalta artikkelin kirjoittajat myös sanovat, että EPBD:n mukainen määritelmä on selkeä.

Euroopan komissio on tehnyt 30.11.2016 muutosehdotuksia rakennusten energiatehokkuusdirektiiviin. Ehdotuksessa mainitaan muun muassa, että vuodesta 2025 lähtien kaikkiin uusiin tai korjattaviin yli kymmenen parkkipaikkaa käsittäviin ei-asuinrakennuksiin tulisi sijoittaa yksi sähköauton latauspaikka kymmentä autopaikkaa

kohden. (Euroopan komissio 2016b). Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin mukaiset vaatimukset ”nollaenergiarakentamisesta” sekä sähköautojen latauspaikkojen lisäykset ovat huomioonotettavia seikkoja HOK-Elannon vähittäismyyntikaupoissa sekä niiden rakenteellisten uudistusten yhteydessä.

Tuotteiden energiatehokkuuteen puolestaan liittyy kaksi oleellista direktiiviä. Energiamerkintädirektiivissä (2010/30/EU) säädetään tuotetietojen ja energiakulutusta osoittavien merkintöjen esittämisestä loppukuluttajalle ja ekosuunnitteludirektiivissä (2009/125/EY) vaatimukset energiaa kuluttavien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle ja markkinoille saattamiselle.

Energiatehokkuussopimukset

Energiatehokkuussopimustoiminta on Suomen vapaaehtoisuuteen perustuva politiikkatoimi, jonka avulla pyritään merkittäviin energiansäästöihin. Vuosien 2014–2016 aikana energiatehokkuussopimustoiminnalla on saavutettu kumulatiivisesti noin 18 terawattitunnin (TWh) suuruinen energiansäästö. Arvio vuoden 2020 loppuun mennessä saavutettavasta energiansäästöstä on 29,5 TWh. Näin ollen yksinään energiatehokkuussopimuksilla saavutettaisiin 60 prosenttia energiatehokkuusdirektiivin artiklan 7 mukaisesta kansallisesta energiansäästötavoitteesta. (EED vuosiraportti 2016, 9).

Energiatehokkuussopimuksien uusi kausi on alkanut vuoden 2017 alusta ja kestää yhdeksän vuotta päättyen vuonna 2025. Sopimuksissa osapuolina ovat toimeenpanosta vastaavat ympäristöministeriö, työ- ja elinkeinoministeriö, Energiavirasto ja Motiva sekä näiden lisäksi toimialaliitot, yritykset ja kunnat. Työ- ja elinkeinoministeriö tukee yritysten energiakatselmustoimintaa sekä sen pohjalta tehtäviä investointeja (taloudellinen ohjauskeino). Energiavirasto seuraa sopimusten tavoitteiden edistymistä, sopimusvelvoitteiden täyttymistä ja antaa Motivalle resursseja liittymisrekisterin ylläpitoon, viestintään ja muihin energiatehokkuustoimintaa palveleviin toimintoihin. Toimialaliitot puolestaan muun muassa neuvovat ja auttavat yrityksiä sopimukseen liittymisessä ja raportoisissa. (Motiva, 2017a).

Uudelle sopimuskaudelle on solmittu neljä sopimusta: Elinkeinoelämän, kiinteistöalan ja kunta-alan sopimukset sekä ”Höylä IV”, johon kuuluu lämmityspolttonesteiden jakelu. Elinkeinoelämän energiatehokkuussopimuksessa on teollisuuden, energia-alan sekä palvelualan sektorit. (Motiva, 2017b). HOK-Elanto on osana S-ryhmää sitoutunut kaupan alan toimenpideohjelmaan, joka kuuluu osana palvelualaan. Kaupan alan toimenpideohjelmassa yritysten tulee asettaa vähintään 7,5 prosentin suuruinen energiankäytön vähennystavoite vuodelle 2025. Jos yritys on ollut mukana aikaisemmalla sopimuskaudella (2008–2016), se voi hyödyntää jo saavutettuja säästöjä vuosilta 2014–2016. Tällöin energiansäästötavoite tulee asettaa vähintään 10,5 prosenttiin. Yritysten tulee sopimuksen velvoitteiden mukaisesti laatia energian käytön tehostamissuunnitelma, ja raportoida edistymisestä vuosittain. (Kaupan alan toimenpideohjelma, 2, 4-5).

2.3. Energiatehokkuuden ja päästöjen mittareita vähittäismyyntikaupoissa

Tyypillisesti vähittäismyyntikaupan energiatehokkuuden taso ilmaistaan yksikössä kilowattituntia per myymäläneliö (kWh/m²). Tästä käytetään nimitystä ”energy efficiency index” (EEI) tai Suomessa E-luku (energiatehokkuuden vertailuluku). EEI määritellään usein yksinkertaisesti kaavalla (1).

$$EEI = \frac{\text{energiankulutus (kWh)}}{\text{pinta-ala (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

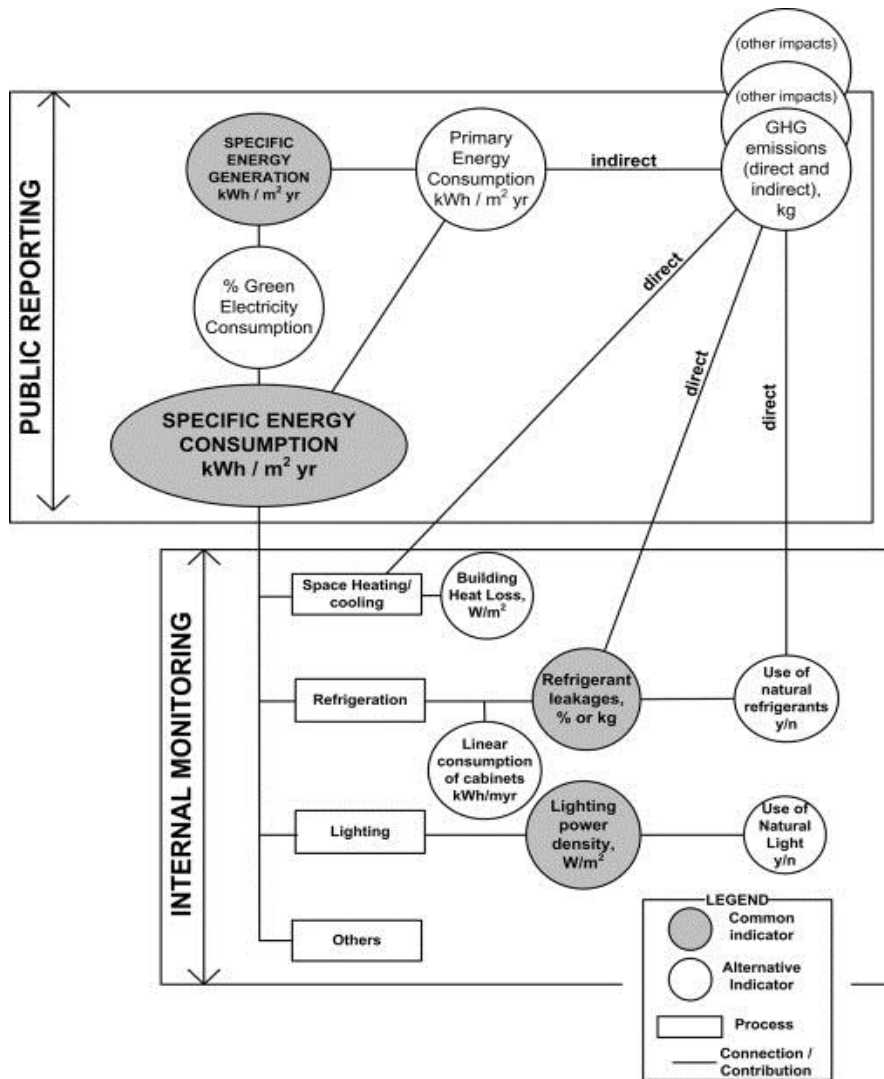
Vertailuluvun laskennassa tarkastelujaksona käytetään yleensä vuotta. E-luvulla laskettua lukua kutsutaan myös myymälän energiaintensiteetiksi tai ominaiskulutukseksi. (Bakar ym. 2015, 6; Tassou, Ge, Hadawey & Marriott 2011, 148). Ominaiskulutuksen ilmaisemiseen saatetaan käyttää myös yksikköä kWh/rm³, joka puolestaan kertoo energiankulutuksen rakennuskuutiometriä kohden (ks. esim. Motiva 2017c). Ominaiskulutusten vertailussa täytyy huomioida, että eri myymäläkokoluokan marketit saattavat poiketa ominaisuuksiltaan toisistaan. Tällöin ominaiskulutusten vertailu ei välttämättä anna realistista kuvaa markettien energiatehokkuuden tasosta.

Kylmälaitteiden energiankulutus voidaan ilmaista myymäläneliöihin suhteutetun kulutuksen (kWh/m²) lisäksi myös yksikössä kilowattituntia per kylmäkalustemetri per

vuosi (kWh/m/a). Tätä tapaa ovat käyttäneet esimerkiksi Galvez-Martos, Styles & Schönberger (2013a, 991) vertaillen tavanomaisten kylmälaitteiden kulutuksia hiilidioksidilla toimiviin laitoksiin.

Valaistusta voidaan tarkastella kWh/m² -mittarin lisäksi myös yksiköillä luumenia per myymäläneliö (lm/m²), luumenia per tehonyksikkö (lm/W) tai teholla per myymäläneliö (W/m²). Luumen-arvo kuvastaa valaistuksen määrää, joten sen avulla voidaan saavuttaa haluttu valaistus myymälään. Energiatehokkuuden kannalta oleellisin mittari on kuitenkin valaistuksen tehon määrä myymäläneliötä kohden, sillä sen avulla voidaan laskea valaistuksen kuluttamaa energiamäärää ja arvioida valaistuksen energiatehokkuutta. (Galvez-Martos ym. 2013a, 992).

Vähittäismyyntikauppojen ympäristövaikutus ilmaistaan yleensä kasvihuonekaasupäästöjen mukaan. Epäsuoria päästöjä syntyy kaupan toimintojen aiheuttamasta energiankulutuksesta. Suoria päästöjä tulee puolestaan kylmäainevuodoista, ja lisäksi muita päästöjä tulee esimerkiksi erilaisista jätteistä. Kylmälaitteista voi aiheutua jopa 90 % vähittäismyyntikaupan kokonaiskasvihuonekaasupäästöistä. Kylmäaineita verrataan keskenään niiden GWP-kertoimella (Global Warming Potential). (Tassou ym. 2011, 149-151). Hiilidioksidilla (kylmäaine R744), joka on yksi niin kutsutuista luonnollisista kylmäaineista, GWP-kerroin on 1. Yleisesti käytössä oleva, ja myös HOK-Elannon kylmälaitoksissa vielä suurimmaksi osaksi käytössä oleva kylmäaine on synteettinen fluorihilivety R404A, jonka GWP-kerroin on puolestaan 3260. (Silva, Filho & Antunes 2012, 34). Kylmäainevuodot täytyy kirjata, ja niitä voidaankin tarkkailla esimerkiksi sellaisella indikaattorilla, joka osoittaa vuotomäärän prosentuaalisen osuuden kokonaiskylmäainemäärästä (Galvez-Martos ym. 2013a, 986).



KUVA 1. Yleisimmät vähittäismyyntikauppasektorin käyttämät energiatehokkuusindikaattorit. (Galvez-Martos yml. 2013a, 987)

Kuvassa 1 on esitetty yleisimmät indikaattorit, joita käytetään vähittäismyyntikauppojen energiatehokkuuden raportoinnissa. Julkisessa raportoinnissa esitetään yleisimmin myymälän ominaiskulutus, mutta joskus myös energiantuotantoon ja päästöihin liittyviä tunnuslukuja. Yrityksen sisäisessä seurannassa tarkkaillaan myös kylmäainevuotoja (lakisääteinen) sekä usein valaistustehon määrää. Galvez-Martos ym. (2013a, 985) toteavat, että kattavaa raportointia tuottavat yritykset ovat yleensä myös edelläkävijöitä energiatehokkuuden parantamisessa.

Taulukossa 1 on puolestaan esitetty parhaimmat toimenpiteet, joilla voidaan parantaa myymälöiden energiatehokkuutta. Lisäksi esitetään indikaattoreita, joilla voidaan seurata toimenpiteiden vaikuttavuutta. Energiankäytön seuraaminen on yksi tärkeimmistä energiatehokkuustoimenpiteistä, sillä sen avulla luodaan usein sekä lähtökohta energiatehokkuustyön aloittamiselle että puitteet energiatehokkuustoimenpiteiden seurannalle. Lisäksi on suositeltavaa, että vähittäismyyntikaupat tekisivät vertailuanalyysiä (benchmarking), jotta tunnistettaisiin toimialan parhaimmat käytännöt energiatehokkuustyöhön liittyvissä toiminnoissa.

TAULUKKO 1. Parhaimmat toimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseen vähittäismyyntikaupoissa (mukaillen Galvez-Martos ym. 986)

Energiatehokkuutta parantava toimenpide	Parhaimmat käytännöt	Suosittelut indikaattorit
Energiankäytön seuraaminen	100 % kaupoista ja prosesseista monitoroituja	Kuinka monta prosenttia kaupoista kuuluu monitorointijärjestelmään
	Benchmarking	Monitorointijärjestelmässä olevien prosessien määrä
Rakennuksen vaipan parantelu ja LVI-toimintojen optimointi	Lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmastoinnin energiankulutus 0 kWh/m ² vuodessa jos kylmälaitteiden hukkalämpö voidaan hyödyntää. Muussa tapauksessa max. 40 kWh/m ² uusissa rakennuksissa ja 55 kWh/m ² olemassa olevissa rakennuksissa	Kokonaisenergian vuosikulutus per m ²
Kylmäjärjestelmien hukkalämmön hyödyntäminen		
Sellaisten keinojen käyttöönotto, joilla vähennetään kylmäjärjestelmän energiankulutusta - erityisesti kylmälaitteiden kansittaminen	100 % miinuspuolen kalusteista kansitettuja	Kylmäjärjestelmän vuosittainen energiankulutus per m ²
	100 % pluspuolen kalusteista kansitettuja	
	Kylmälaitteiden vuosittainen (lineaarinen) energiankulutus 3000 kWh/m	Vuosittainen (lineaarinen) energiankulutus kylmälaittemetriä kohden

(jatkuu)

TAULUKKO 1 (jatkuu)

Luonnollisten kylmäaineiden käyttö		Luonnollista kylmäainetta käyttävien myymälöiden määrä
		Kylmäainevuotojen tarkkailu (% kokonaiskylmäainemäärästä)
Älykkäiden valaistussuunnitelmien käyttöönotto, päivänvalon hyödyntäminen, tehokkaiden valaisinlaitteiden käyttäminen	Tehon kulutus vähemmän kuin 12 W/m ² supermarketeissa ja 30 W/m ² erikoisliikkeissä	Valaistuksen vuosittainen energiankulutus per m ²
		Asennettu valaistusteho per m ²
Uusiutuvien energialähteiden integrointi matalaenergiarakennukseen	Nollaenergiarakennus, jonka yhteydessä voidaan tuottaa uusiutuvaa energiaa tai vaihtoehtoisesti investoiminen muualla tapahtuvaan tuotantoon	Vuosittainen uusiutuvan energian tuotanto per m ²
		Uusiutuvan energian käyttömäärä

Kiinteistön energiankulutusta voidaan minimoida hyvillä rakennuksen eristyksillä, mutta myös tehokkaalla lämmöntalteenotolla ja ilmanvaihdon optimoinnilla. Kylmälaitteiden osalta parhaaksi toimenpiteeksi arvioidaan kansien asentaminen. Parhaimman käytännön mukaan yksikään kylmäkaluste ei ole avonainen. Kansien lisäksi edelläkävijät käyttävät luonnollisia kylmäaineita. Valaistuksen energiankulutusta voidaan puolestaan pienentää älykkäällä valaistuksen ohjauksella, jossa pyritään hyödyntämään myös ikkunoiden kautta tulevaa päivänvaloa. Tehokkailla valaisimilla voidaan saavuttaa jopa alle 12 W:n valaistusteho neliometriä kohden. Lisäksi uusiutuvan energian tuotanto toimipaikassa tai muualla vähentää ostoenergian tarvetta sekä myymälän kasvihuonekaasupäästöjä.

2.4. Sähkönkulutuksen jakauma vähittäismyyntikaupoissa

Kirjallisuudesta löytyy jonkun verran arvioita vähittäismyyntikauppojen energiankulutuksista, joita voidaan pitää tämän tutkielman kannalta suuntaa-antavina. Schönberger, Galvez-Martos & Styles (2013b, 14-15) mukaan noin 50 %

elintarvikemyymälöiden energiankulutuksesta tulee kylmälaitteiden toiminnasta, 25 % valaistuksesta, 20 % LVI-toiminnoista ja 5 % muista prosesseista tai sähkölaitteista. Tassou ym. (2011, 147, 150) ovat arvioineet samaa suurusluokkaa: kylmälaitteiden osuus 30-60 % ja valaistuksen 15-25 %. Muu kulutus jakautuu LVI-laitteiden ja muiden toimintojen kesken. Sähkönkulutuksen jakauma voi kirjoittajien mukaan vaihdella paljonkin riippuen myymälän koosta. Esimerkiksi hypermarketissa (>5000m² artikkelin määritelmän mukaan) kylmälaitteet kuluttaisivat keskimäärin 29% ja valaistus 23 %. LVI-toimintojen osuus olisi puolestaan vain 9 %.

Energiansäästömahdollisuuksia Italian supermarketeissa ovat tutkineet Arteconi, Brandoni, & Polonara (2009, 1736) ja heidän mukaan 10 000 m²:n myyntialalla varustettu myymälä kuluttaisi sähköä 38 % kylmälaitteisiin, 21 % valaistukseen ja 12 % LVI-toimintoihin. Kylmälaitteiden kuluttaman sähkön osuus on jonkun verran suurempi kuin Tassoun ym. (2011) antama 29 prosentin arvio.

Kirjallisuudessa annettujen arvioiden perusteella voidaan todeta, että sähkönkulutuksen jakauma on vahvasti riippuvainen vähittäismyyntikaupan koosta sekä sen ominaispiirteistä. Suuressa marketissa käyttötavaraosastojen määrä on suurempi, jolloin kylmälaitteiden osuus kokonaispinta-alasta ja -kulutuksesta on suhteellisesti pienempi. Lisäksi suurissa myymälöissä saattaa olla paljon myös muita sähköä kuluttavia laitteita (kuten uuneja tai liukuportaita), joita ei pienemmän kokoluokan myymälöissä välttämättä ole. Lisäksi myymälätilan kasvaessa valaistuksen tarve kasvaa, jolloin valaistukseen kuluvan sähkön osuus kasvaa.

2.5. Energianhallinnan moniulotteisuus ja haasteet market-ympäristössä

Energianhallinta on laaja käsite, joka sisältää erilaisia kulutusseurantaan ja johtamiseen liittyviä prosesseja. Christoffersen, Larsen & Togeby (2006, 517-518) esimerkiksi määrittelevät, että energianhallinta on muutakin kuin pelkkää kulutusseurantaa. Heidän tutkimuksessaan yritysten voidaan tulkita harjoittavan energianhallintaa, mikäli niillä on käytössä jonkinlainen energiapolitiikka, ne ovat asettaneet energiansäästötavoitteita sekä toteuttaneet energiansäästöprojekteja. Lisäksi energiansäästöhankinnat, energianhallintaan liittyvien työtehtävien allokointi sekä

energia-asioista viestiminen henkilöstölle kertovat energianhallinnan toteuttamisesta. Galvez-Martos ym. (2013a, 985) puolestaan toteavat, että hyvässä energianhallintajärjestelmässä pyritään priorisoimaan energiansäästökeinoja niin, että ensin pyritään vähentämään energian kysyntää, sitten parantamaan energiatehokkuutta ja kolmanneksi kasvattamaan uusiutuvien energialähteiden osuutta energiankäytössä.

Vähittäismyyntikaupoilla ajatellaan olevan olennainen rooli ympäristöystävällisemmän toiminnan edistämisessä. Niillä on mahdollisuus vaikuttaa sekä tuotantoketjun kestävyYTEEN että kuluttajien ympäristötietoisuuteen. (Galvez-Martos ym. 2013a, 982). Huomioitavaa on kuitenkin se, että vähittäismyyntiä harjoittavat yritykset, joille asiakasnäkökulman huomioiminen on olennaista. Tällöin esimerkiksi tuotteiden esillepanoa, ostamisen helppoutta ja näkyvyyttä saatetaan priorisoida energiatehokkuuden kustannuksella. Toisin sanoen energiatehokkuustoimenpiteiden toteuttamista saattavat jarruttaa kaikki sellaiset investoinnit, joiden arvellaan vaikuttavan myyntiin negatiivisesti. Esimerkkejä tällaisista investoinneista ovat valaistusmäärän vähentäminen sekä kylmäaltaiden ja -kaappien kansittaminen. (mts. 984). Himmeämpi valaistus vähentää tuotteiden näkyvyyttä ja kylmäkalusteiden kannet saattavat vaikeuttaa tuotteiden ottamista. Asiakasnäkökulman lisäksi myymälöille on olennaisen tärkeää huolehtia tuoteturvallisuudesta. Energiansäästötoimenpiteet eivät näin ollen saa vaarantaa esimerkiksi tuotteiden kylmäketjua.

Energiatehokkuustoimenpiteillä saattaa myös olla moninaisia vaikutuksia marketin sisäilmastoon. Hyvänä esimerkkinä tästä on kylmäkalusteiden kansitukset, joiden asennus saattaa vaatia myös ilmanvaihtoon ja lämmitykseen tehtäviä muutoksia. Ilmanvaihdon muutoksia täytyy tehdä, jos myymälän kosteuskuorma kasvaa liikaa. Kosteuskuorma havaitaan usein kylmäkalusteiden kansiin tai oviin tiivistyneenä vetenä. Vesi tiivistyy ovien pintoihin, kun kylmälaitteen myymälää kuivattava vaikutus pienenee. Kuivattava vaikutus perustuu kylmälaitteen ilmankiertoon, jossa imuilma vetää kosteaa myymäläilmaa laitteen sisään. Kylmälaitteiden ovien asentaminen toisin sanoen vaatii usein ilmanvaihdon vähentämistä, jotta voidaan vähentää ulkoilmasta tulevaa kosteuskuormaa. Energiatehokkuuden kannalta positiivista on se, että

kylmäkalusteiden ovet vähentävät kylmälaitteiden sulatusten ja myymälän lämmityksen tarvetta.

Energiatehokkuustoimenpiteiden toteuttamiselle aiheuttavat haasteita myös alueellinen kehitys sekä erilaiset toimintavaltuudet eri toimipaikoissa. Esimerkiksi HOK-Elannolla useita kohteita saatetaan sekä sulkea että avata vuosittain. Kaikkia energiatehokkuusinvestointeja ei välttämättä toteuteta, jos ollaan epävarmoja liikepaikan tulevaisuudesta. Lisäksi myymälät voivat usein olla vuokrakohteita, jolloin etenkin taloteknisistä parannuksista vastaa jokin muu taho kuin vuokraaja, ja näin ollen vaikutusmahdollisuus muutoksiin voi olla vähäinen. Tällaista tilannetta voidaan kutsua myös sijoittajan ja käyttäjän tai vuokraisännän ja vuokralaisen väliseksi dilemmaksi (*investor/user dilemma, landlord/tenant dilemma*). Tämä dilemma syntyy toimijoiden välillä olevasta asymmetrisestä informaatiosta, mikä estää investointeihin johtavien kannustimien syntyminen. Dilemmalta välttyttäisiin, mikäli investoinnista aiheutuneet kulut sekä siitä seuraavat hyödyt pystyttäisiin täysin kompensoimaan toimijoiden kesken. (Schleich & Gruber 2008, 454-455).

Edellä mainittujen näkökulmien lisäksi vähittäismyyntikauppojen on luonnollisesti noudatettava erinäisiä lainsäädännön vaatimuksia. Tämän tutkielman kannalta ajankohtainen lainsäädännöllinen muutos on tullut niin kutsutun F-kaasuasetuksen (EU N:o 517/2014) myötä. Asetuksessa määritellään rajoituksia fluorattujen kasvihuonekaasujen käyttöön. Markkinoille saattamisen kieltä HOK-Elannon käyttämään kylmäaineeseen R404a (GWP >2500) astuu voimaan vuoden 2020 alusta lähtien (asetuksen liite III). Vuodesta 2022 lähtien kieltä koskee kylmäaineita, joiden GWP-kerroin on vähintään 150. Asetuksen artiklan 13 mukaan fluorattuja kasvihuonekaasuja, joiden GPW-kerroin on vähintään 2500, saa kuitenkin käyttää kierrätettynä huoltotarkoituksiin vuoden 2029 loppuun saakka. Tämän jälkeen kylmäaineet tulee korvata. HOK-Elannolla korvaava kylmäaine tulee olemaan hiilidioksidi.

Toinen ajankohtainen lainsäädännöllinen muutos joka liittyy HOK-Elannon myymälöiden suunnitteluun, on Suomen rakentamismääräyskokoelman uudistuminen. Rakentamismääräyskokoelma uudistuu moneltakin osin, mutta tämän tutkielman kannalta on kiinnostavaa tutkia kokoelman osan D2 valmistelua, jossa käsitellään

rakennuksen sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa. (ks. Ympäristöministeriö 2016). Rakennusmääräyskokoelman osan D2 valmistelusta kerrotaan tarkemmin luvussa 4.1.

2.6. Energiansäästö: kylmlaitteiden erityishaaste

Kylmlaitteet ovat yksi eniten energiaa kuluttavista toiminnoista vähittäismyyntikaupoissa. Kylmlaitejärjestelmiä on useita erilaisia. EU:n F-kaasuasetuksen myötä vähittäismyyntikauppojen täytyy siirtyä vuoteen 2030 mennessä ympäristöystävällisimpiin kylmäaineisiin, mikä tarkoittaa pääasiassa fluorihilivetyjen korvaamista hiilidioksidilla tai muilla niin kutsutuilla luonnollisilla kylmäaineilla. Tämä vaatii investoimista uuteen kylmätekniikkaan.

Kylmlaitteiden energian kulutukseen vaikuttavat korottavasti muun muassa myymälän sisäilmaston kosteus ja korkea lämpötila, sillä ne kuormittavat kylmäjärjestelmän toimintaa. Tämän takia ilmanvaihdon optimoinnilla on myös tärkeä merkitys kylmlaitteiden energiankulutuksessa. Bahman, Rosario & Rahman (2012, 19) esimerkiksi osoittivat tutkimuksessaan, että myymälän suhteellisen kosteuden tippuessa 55 prosentista 40 prosenttiin, kylmlaitteiden energiankulutus pieneni 25 prosentilla. Ilmanvaihdon tehostamisesta aiheutunut energiankulutuksen nousu oli puolestaan vain viisi prosenttia. Myymälän sisäilmaston kosteus- ja lämpötilahallinnan lisäksi kylmlaitteiden hyötysuhdetta voidaan parantaa tehokkaalla lämmöntalteenotolla etenkin kylmissä ilmastoissa, joissa lämmitystarve on merkittävä. Lisäksi kylmlaitteiden lämpötilojen optimointi on oleellista, sillä lämpötilan alentuminen jo yhdellä asteella nostaa kylmlaitteen energiankulutusta keskimäärin viidellä prosentilla.

Keinoja vähentää myymälän sisäilman pääsyä kylmäkalusteeseen ovat tehokkaammat ilmaverhot, kylmäkalusteiden peittäminen kaupan ollessa kiinni ("yöverhot") sekä kiinteiden kansien (tai ovien) asentaminen. Kiinteiden kansien asentamisella voidaan saavuttaa jopa 50 prosentin energiansäästö kylmlaitteiden energiankulutuksissa (Tassou ym. 2011, 153, van Der Sluis 2007 mukaan). Seuraavaksi esitetään muutamia tutkimustuloksia liittyen kylmäkalusteiden kansien ja hiilidioksidilaitosten energiansäästöpotentiaaliin. Nämä kaksi toimenpidettä ovat investointeina osittain

päällekkäisiä – niiden ajoittamista tulee suunnitella samanaikaisesti, jotta säästytään turhilta kustannuksilta.

Kylmäkalusteiden kannet

Fricke & Becker (2010) testasivat kahden uuden kylmälaitteen energiankulutuseroja, joista toinen oli avonainen ja toinen kansitettu. Testiolosuhteet pyrittiin pitämään mahdollisimman vertailukelpoisina. Heidän saamien tuloksien mukaan kansitetun kylmäkaapin energiankulutus oli 30 % pienempi kuin avomallin. Eniten eroa muodostui kompressorin pienemmästä kuormasta. Toisaalta reunalämmittimet kuluttivat huomattavan paljon energiaa kansitetussa kylmäkaapissa.

Galvez-Martos ym. (2013a, 991) puolestaan toteavat, että energiansäästöpotentiaali kylmäkalusteiden kansituksella on yli 20 % laitteen kuluttamasta energiasta. Viitatus artikkelin taustadokumentissa on myös mainittu, että joissain tapauksissa energiansäästö voi olla jopa vähemmän kuin 10% johtuen ovien tiheästä avausmäärästä (Schönberger ym. 2013b, 84).

Kansituksella saavutettavaa energiansäästöä on arvioitu olevan myös jopa 40 % miinuspuolella ja 70 % pluspuolella (Rhiemeir, Harnisch, Ters, Kauffeld & Leisewitz 2009, 88, Brouwers 2007 ja Kröger 2007 mukaan). Arviot vaihtelevatkin paljon ja lopulliseen energiansäästöön vaikuttavat monet eri tekijät kuten kalusteiden käyttöaste ja tekniset ominaisuudet sekä myymälän sisäilmasto-olosuhteet.

Hiilidioksidilla toimivat kylmäjärjestelmät

Hiilidioksidin käyttö kylmäaineena ei ole uutta tekniikkaa, mutta se on kaupallistunut uudelleen vasta hiljattain. Hiilidioksidin suosio perustuu sen turvallisuuteen ja monia muita kylmäaineita alhaisempaan ilmastoa lämmittävään vaikutukseen, vaikka kylmälaitejärjestelmältä se vaatiikin joitain erityishuomioita.

Hiilidioksidilla ei ole muiden luonnollisten kylmäaineiden ja fluorihilivetyjen tapaan otsonikerrosta heikentävää vaikutusta (*ODP, ozone-depletion potential*), mutta kasvihuonekaasuna se säilyy ilmakehässä pitkään. Taulukossa 2 on vertailtu muutamien kylmäaineiden ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Hiilidioksidin kertoimena on 1 ja muiden kylmäaineiden ilmastoa lämmittävää vaikutusta verrataan siihen.

TAULUKKO 2. Eri kylmäaineiden vertailu GWP-kertoimen perusteella (Suomen kylmäyhdistys ry 2008)

Kylmäaine	GWP-kerroin	Kategoria
R717 (ammoniakki)	0	luonnollinen kylmäaine
R744 (CO ₂)	1	luonnollinen kylmäaine
R290 (propani)	3	luonnollinen kylmäaine
R134A	1300	fluorihilivety
R422A	2530	fluorihilivety, seos
R404A	3260	fluorihilivety, seos
R507A	3300	fluorihilivety, seos

Hiilidioksidin lisäksi myös muilla niin kutsutuilla luonnollisilla kylmäaineilla GWP-kerroin on pieni. Propanin ja ammoniakin haittapuolia ovat kuitenkin palavuus ja ammoniakilla lisäksi myrkyllisyys. Nämä ovat esimerkkejä syistä, miksi luonnollisista kylmäaineista hiilidioksidi on erittäin suosittu.

Nykyisestä HOK-Elannon käyttämästä kylmäaineesta (R404A) siirtyminen CO₂-kylmätekniikkaan pienentää vähittäismyyntikauppojen hiilijalanjälkeä ainakin kylmäainevuotojen osalta. Kuitenkin energiatehokkuuden ja kokonaispäästöjen tarkastelussa täytyy tutkia, miten CO₂-laitteiden energiankulutus eroaa tavanomaisten kylmälaitteiden energiankulutuksista.

Ge & Tassou (2011) vertasit CO₂- ja R404A-kylmäaineilla toimivien järjestelmien energiatehokkuuksia Pohjois-Englantilaisessa vähittäismyyntikaupassa. Vertailu osoitti, että vuoden aikana R404A-järjestelmän energiankulutus oli noin 2 % alhaisempi kuin CO₂-järjestelmän. Ero muodostui kompressorien energiankulutuksista, jotka olivat CO₂-järjestelmässä korkeampia pluspuolella. Toisaalta CO₂-järjestelmän hyvän lämmöntalteenottokyvyn ansiosta jopa 40 % myymälän lämmitysenergian tarpeesta voidaan saada kylmäjärjestelmän hukkalämmöstä (mts. 548).

Hiilidioksidilaitoksen energiatehokkuus on kuitenkin riippuvainen myös ympärillä olevista olosuhteista. Sawalha (2008) toteaa, että CO₂-laitoksen suorituskyky on parhaimmillaan kylmissä ilmastoissa. Hän tutki erilaisten kylmäjärjestelmien suorituskykyä ja energiankulutusta kolmessa eri ilmastossa. Tukholmassa, joka oli yksi valituista ilmastoista, lähes kaikki tarkasteltavat hiilidioksidia käyttävät kylmäjärjestelmät antoivat pienemmän energiankulutuksen (4-12 %) verrattuna

R404A-järjestelmään. Saman päätelmän antavat Sharma, Fricke & Bansal (2014, 95), jotka vertailivat erilaisten kylmälaitteiden toimivuutta eri ilmasto-olosuhteissa. Pelkällä hiilidioksidilla toimivan kylmäjärjestelmän hyötysuhde oli perinteiseen R404A-laitokseen verrattuna selvästi parempi ilmastoissa, joissa vuoden keskilämpötila oli noin 10 celsiusastetta tai vähemmän. Lisäksi myös laajassa markkinoihin pohjautuvassa tutkimuksessa on arvioitu, että Pohjois-Euroopassa hiilidioksidilaitosten energiatehokkuus on noin 10 % parempi verrattuna perinteisillä fluorihiihivedyillä (esim. R404A) toimiviin järjestelmiin (Rhiemeier, Harnisch, Ters, Kauffeld & Leisewitz 2009, 78).

3. Energiatehokkuus HOK-Elannossa

HOK-Elannon tavoitteena on parantaa energiatehokkuutta 30 prosenttia vuoteen 2020 mennessä vuoden 2009 tasosta. Tämä on määrällisesti 65 650 megawattituntia (MWh). Tällä hetkellä tavoitteesta on saavutettu reilut 75 prosenttia, joten energiatehokkuus on parantunut noin 23 prosenttia. Vuoden 2020 tavoitteen saavuttamiseksi vaaditaan lisää vielä noin 15 400 MWh vuosittaista energiansäästöä. Lisäksi tavoitteena on suunnitella uudet myymälät niin, että saavutetaan energiatodistuksen B-luokka. Tämä tarkoittaa 91-170 kilowattitunnin kokonaisenergiankulutusta neliometriä kohden. Energiatodistuksen B-luokan saavuttamista ei tässä tutkielmassa pohdita erikseen, sillä pääpaino on tutkia olemassa olevien myymälöiden energiatehokkuuksia. Toistaiseksi HOK-Elanto ei ole vielä määritellyt varsinaisia tavoitteita vuodesta 2020 eteenpäin. S-ryhmällä on kuitenkin yleinen tavoite, jonka mukaisesti energiankäyttöä tulee tehostaa 30 % vuoden 2015 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Tämän tavoitteen toteuttamissuunnitelmaa osuuskauppaakohtaisesti ei kuitenkaan ole vielä määritelty.

S-ryhmässä energiatehokkuutta kehitetään energiapalveluiden kautta. Energiapalveluihin kuuluu kolme osa-aluetta: kylmäoptimointi, talotekniikan optimointi sekä ”energiamanageeraus” eli energian käytön hallinta. Kylmälaitteiden optimoinnissa säädellään muun muassa laitteiden painetasoja ja sulatusten määrää sekä puhaltimien käyttöä. Talotekniikan optimoinnissa puolestaan kontrolloidaan jatkuvasti liikepaikkojen lämmitystä, valaistusta sekä ilmanvaihtoa. Energiamanagerin tehtävänä on tunnistaa potentiaalisia ja taloudellisesti kannattavia energiansäästötoimenpiteitä sekä tehdä niihin liittyviä investointipäätöksiä.

HOK-Elannossa on viime vuosien aikana tunnistettu energiatehokkuustoiminnan kannattavuus, ja näin ollen energiatehokkuuspalveluiden käyttöä on laajennettu. Kulutusseurannan toimipaikkakohtaiset mittaukset aloitettiin systemaattisesti vuonna 2009, minkä jälkeen energiatehokkuuden kehityksen seuraaminen on helpottunut.

Energianhallinta

HOK-Elannolla energianhallinta ja energiankäyttöön liittyvä seuranta on jaettu kolmeen tasoon. Ylimmällä tasolla on johto, joka tekee energian kustannusseurantaa (talousjärjestelmät). Seuraavalla tasolla toimii operatiivinen johto, jonka vastuulla on analysoida kulutusseurantajärjestelmää ja sen tuottamaa dataa. Kulutusseurantajärjestelmä kuuluu osana energianhallinnan johtamisjärjestelmään. Kulutusseurannan lisäksi HOK-Elannolla on käytössä erillinen järjestelmä, joka tuottaa reaaliaikaista dataa myymälöiden kylmälaitteiden toiminnasta. Kolmas taso on puolestaan operatiivinen taso, jolla tehdään talotekniikkaan ja kylmätekniikkaan liittyvää prosessiseuraa.

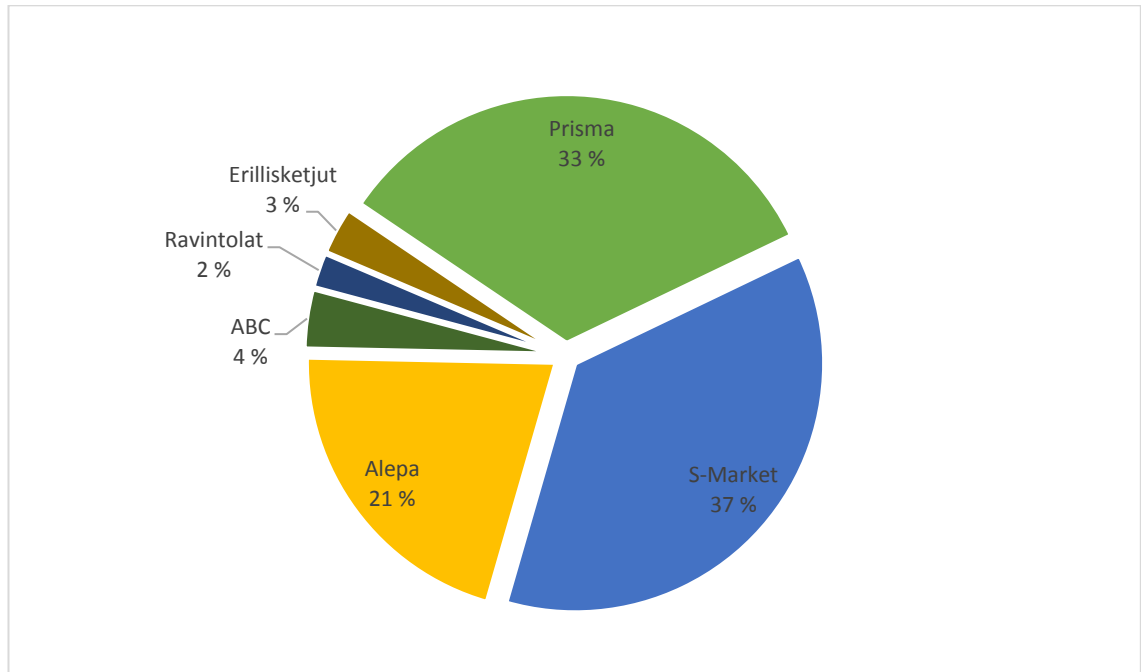
Vähittäismyyntikauppojen määritelmät

Päivittäistavarakauppa ry määrittelee, että hypermarketit ovat myyntipinta-alaltaan yli 2500 m²:n kokoisia myymälöitä, joissa elintarvikkeiden myynnin osuus on alle puolet kokonaispinta-alasta. Supermarketeissa ja marketeissa puolestaan elintarvikkeiden myyntiala on yli puolet kokonaispinta-alasta. Ero näiden kahden välille määritellään pääasiassa siten, että yli 1000 m²:n myymälät luokitellaan supermarketeiksi ja tätä pienemmät marketeiksi. Lisäksi alle 400 m²:n myymälöitä kutsutaan usein lähikaupoiksi. (Päivittäistavarakauppa ry). Tämän määrittelyn mukaan Prismat ovat selkeästi hypermarketteja ja vastaavasti S-marketit supermarketteja. Alepoita voitaisiin kutsua joko supermarketeiksi tai marketeiksi niiden koosta riippuen. HOK-Elanto kuitenkin markkinoi Alepoita ennemminkin lähikauppoina. Tässä tutkielmassa käytetään kuitenkin systemaattisesti termejä ”vähittäismyyntikauppa” tai ”myymälä”, joilla viitataan kaikkiin tarkastelussa mukana oleviin erikokoisiin HOK-Elannon market-toimipaikkoihin. Termillä sinällään ei siis oteta kantaa myymälän kokoon.

3.1. Energiatehokkuuden toteutuminen

HOK-Elannon vuodesta 2009 alkaen lasketusta toteutuneesta energiansäästöstä 90 prosenttia on saatu vähittäismyyntikaupoissa tehdyissä toimenpiteissä (kuva 2). Kuvassa 2 erillisketjuihin kuuluvat Sokos- ja Emotion -ketjut sekä Kodin Terra Tuusula. Energiansäästöä HOK-Elannossa on saavutettu monilla eri toimenpiteillä, joista

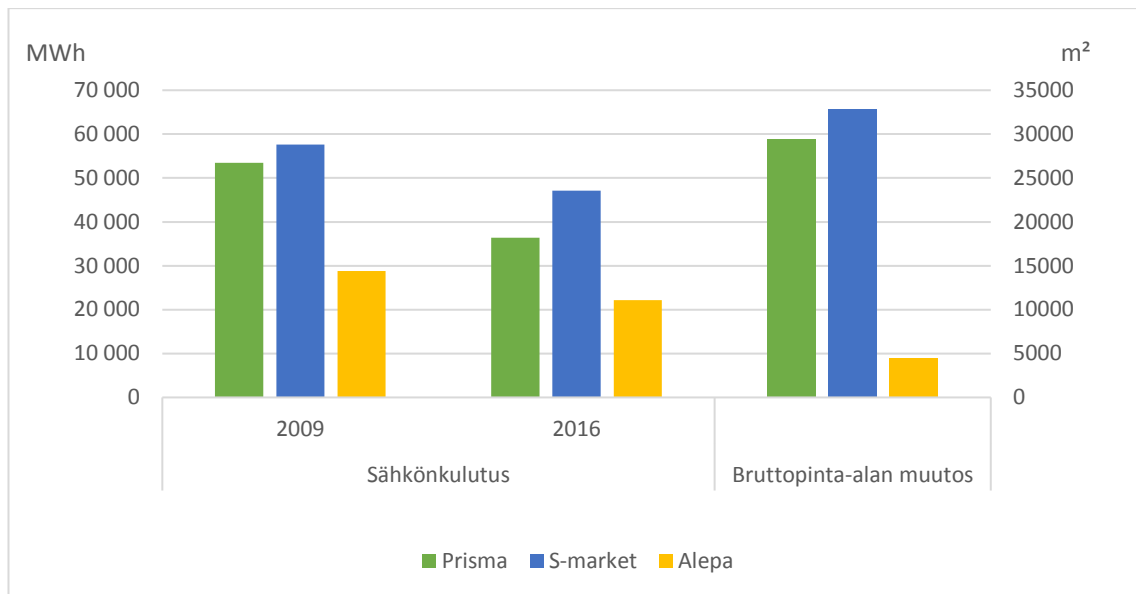
merkittävimpiä ovat olleet valaistuksen ja kylmäkoneiden uudistukset. Lisäksi energiatehokkuuden parantamiseen on panostettu kulutusseurantajärjestelmän perustamisella sekä sen hyödyntämisellä optimointityössä.



KUVA 2. Energiatehokkuuden toteutuminen liiketoiminnoittain v. 2009-2016

Energiankulutuksesta reilut 80 prosenttia tulee vähittäismyyntikaupan liiketoiminnoista, minkä takia energiansäästötoimenpiteiden kohdentaminen tälle toimialalle on kustannusvaikuttavaa. Vastaavasti myös HOK-Elannon sähkön kulutuksesta 80–90 prosenttia jakautuu vähittäismyyntikauppojen kesken.

Kuvasta 3 nähdään, miten sähkönkulutus on muuttunut vuosien 2009 ja 2016 välillä ja miten kulutus jakautuu vähittäismyyntikauppaketjujen kesken. Alepoiden sähkönkulutus on vähentynyt tarkastelujaksolla noin 30 000 MWh:sta noin 22 000 MWh:n. S-marketeissa puolestaan noin 58 000 MWh:n kulutus on pienentynyt reiluun 47 000 MWh:n. Tarkastelussa mukana olleiden myymälöiden määrä oli Alepa-ketjussa 79 kappaletta vuonna 2009 ja 90 kappaletta vuonna 2016. S-marketteja oli vastaavasti 40 ja 54 kappaletta. Prisma-ketjussa kokonaissähkön kulutus on tippunut tarkastelujaksolla noin 53 500 MWh:sta noin 36 500 MWh:n. Prismoja on 12 kappaletta, ja niistä 11 oli mukana vuoden 2009 seurannassa.



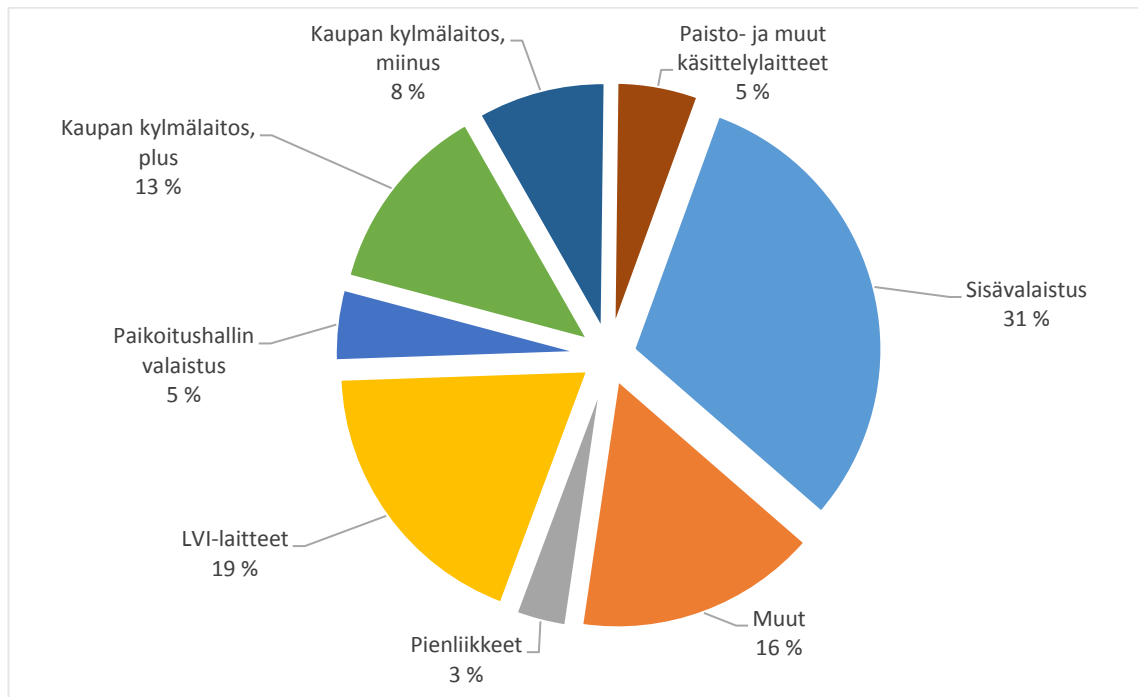
KUVA 3. HOK-Elannon vähittäismyyntikauppaketjujen sähkönkulutukset v. 2009 ja 2016 sekä bruttopinta-alojen muutokset 2009-2016

Samalla tarkastelujaksolla vähittäismyyntikauppojen bruttopinta-ala on lisääntynyt noin 67 000 neliömetrillä lähinnä uusien toimipaikkojen myötä. Bruttopinta-alojen ja sähkönkulutusten muutosten perusteella voidaan päätellä, että energiatehokkuus on parantunut kaikissa HOK-Elannon vähittäismyyntikauppaketjuissa. Tätä päätelmää tukee lisäksi se, että kauppojen aukioloaikojen vapauttaminen vuonna 2016 on nostanut myymälöiden energiankulutuksia.

3.2. Sähkönkulutuksen jakauma HOK-Elannon vähittäismyyntikaupoissa

HOK-Elannon vähittäismyyntikauppojen sähkönkulutuksen jakaumasta ei saatu tarkkaa tietoa. Yksityiskohtainen sähkönkulutuksen erittely löytyy vain niistä toimipaikoista, joissa on suoritettu energiakatselmus. Kulutusseurantajärjestelmään kirjautuu kokonaissähkön lisäksi kylmälaitteiden kuluttaman sähkön osuus suuresta osasta myymälöistä, mutta tarkempaa sähkönkulutuksen erittelyä on vain yksittäisistä kohteista. Muiden kuin kylmälaitetoimintojen sähkönkulutus täytyykin tässä tutkielmassa arvioida laskennallisesti. Prismojen sähkönkulutuksesta saatiin kuitenkin tietoa kahden käyttöönottokatselmuksen perusteella. Kuvassa 4 havainnollistetaan, miten sähkönkulutus jakautuu Prisma Itäkeskuksessa vuoden 2010 tietojen

perusteella. Tiedot ovat Motiva-energiakatselmusraportista, joka on teetetty Suomen Talokeskus Oy:llä.



KUVA 4. Sähkönkulutuksen jakauma Prisma Itäkeskuksessa v. 2010

Kuvasta 4 huomataan, että Prisman sisävalaistus on selkeästi suurin yksittäinen sähkönkuluttaja. Tämän lisäksi kylmälaitosten ja LVI-laitteiden kuluttaman sähkön osuus on merkittävä. LVI-laitteista ilmanvaihtolaitteet ovat suurin kuluttaja. Muihin kulutuksiin sisältyvät muun muassa pullonpalautus, ulko- ja mainosvalaistukset, hissit ja liukutasot sekä myymälän erilliset laitteet. Pienliikkeet tarkoittavat Prisman sisällä olevia muita toimijoita (ravintola, Alko, Emotion).

Kylmälaitteiden kulutuksista saatiin kohtuullinen otanta myös muista myymälöistä, joten keskimääräiset kulutukset pystyttiin laskemaan. Kulutukset on haettu ensisijaisesti vuoden 2016 tietojen perusteella. Jos myymälä on aloittanut toimintansa myöhemmin, on kulutukset laskettu viimeisen vuoden ajalta. Muutamissa toimipaikoissa oli kulutustietoja 7-11 viimeisen kuukauden ajalta, jolloin täyden vuoden kulutus on arvioitu kuukausien keskimääräisen kulutuksen avulla. Alepa- ketjussa kylmälaitteiden kuluttaman sähkön osuus kokonaissähkön kulutuksesta oli keskimäärin 56 %. Tarkastelussa oli 108 Alepaa, joista 41 toimipaikasta saatiin

kulutustiedot. S-marketeissa puolestaan kylmäsähkön osuudeksi saatiin 52 %. S-marketteja oli 57 kappaletta, ja kulutuslukemat saatiin 44 toimipaikasta. Prismojen osalta kylmäsähkön osuudet saatiin jokaisesta 12 myymälästä, joissa keskimääräinen kylmälaitteiden osuus kokonaissähkön kulutuksesta oli 34 %. Edellä mainittujen havaintojen perusteella voidaan vahvistaa, että kylmälaitteet ovat yksi merkittävimmistä sähkönkuluttajista myös HOK-Elannon vähittäismyyntikaupoissa.

4. Tutkimusmenetelmät

Tässä tutkielmassa on tarkoituksena selvittää HOK-Elannon vähittäismyyntikauppaketjujen tavoiteltavat energiatehokkuustasot. Energiansäästöpotentiaalia tarkastellaan sähkön käytön osalta. Selvitetyn säästöpotentiaalin avulla lasketaan, kuinka paljon taloudellista hyötyä voidaan saavuttaa (yksityistaloudellinen näkökulma) sekä kuinka paljon sähkön käytön vähentyminen pienentää hiilidioksidipäästöjä. HOK-Elanto ei joudu suoraan kustantamaan aiheuttamiaan päästöjä, mutta päästökauppa nostaa epäsuorasti sähkön hintaa. Hiilidioksidipäästöjen vähentyminen (yhdessä yksityisten hyötyjen kanssa) kuvaa energiatehokkuustoimenpiteistä saatavaa yhteiskunnan hyötyä. Lisäksi vertaillaan myymälöiden nykyisiä ominaiskulutuksia ja tutkitaan, löytyykö pinta-alojen ja ominaiskulutusten välistä korrelaatiota sekä miten hyvin pinta-alojen vaihtelut selittävät ominaiskulutusten vaihtelua (näihin liittyvät tulokset on esitetty luvussa 5). Energiatehokkuustoimenpiteiden lisäksi tässä tutkielmassa lasketaan, milloin aurinkosähkön käyttöönotto voisi olla kannattavaa HOK-Elannon myymäläkiinteistöissä ja kuinka suuret taloudelliset hyödyt aurinkosähköllä voitaisiin saavuttaa.

Tavoiteltavat energiatehokkuustasot lasketaan energiatehokkuustoimenpiteistä saatavien energiansäästöjen avulla. Ensin tutkitaan, kuinka paljon sähköenergian säästöä eri toimenpiteiden toteuttamisella voidaan saavuttaa. Lisäksi pohditaan toimenpiteiden taloudellista kannattavuutta sekä käytännön toteutettavuutta eli sitä, kuinka realistista energiansäästön saavuttaminen on eri keinojen avulla. Kun energiatehokkuustoimenpiteitä on tarkasteltu edellä mainituista näkökulmista, arvioidaan, mitkä toimenpiteet kannattaa toteuttaa. Lopuksi kyseisillä toimenpiteillä saatavien energiansäästöjen avulla voidaan laskea tavoiteltavat energiatehokkuustasot. Energiatehokkuustasot ilmaistaan myymälöiden tavoiteltavina sähköenergian kulutuksina pinta-alan neliötä kohden.

Tunnistettuja energiansäästökeinoja vähittäismyyntikaupoissa on erittäin paljon. Suurin osa niistä liittyy kuitenkin päivittäiseen optimointityöhön eivätkä näin ollen vaadi erillisiä investointeja. Tällaisia keinoja ovat esimerkiksi valaistuksen aikaohjaus, lämpötila- ja hiilidioksidiantureiden optimoitu sijoittelu sekä kylmälaitteiden

lämpötilojen säädöt. Tässä työssä tarkasteltaviin energiatehokkuustoimenpiteisiin valittiin kylmäkalusteiden kansitukset, hiilidioksidilla toimivat kylmälaitteet, valaistuksen led-teknologia sekä ilmanvaihdon optimointi. Nämä keinot valittiin, koska niihin liittyvät toiminnot kuluttavat suurimman osan myymälöiden sähkönkulutuksesta. Lisäksi kirjallisuudesta saatujen käsitysten mukaan kyseiset toimenpiteet kuuluvat parhaimpiin keinoihin parantaa vähittäismyyntikauppojen energiatehokkuutta.

Energiatehokkuustoimenpiteiden taloudellisten hyötyjen arvioinnissa käytettiin ostosähkön hintana HOK-Elannon suosittelemaa 85€/MWh. Arvio on annettu nykyisten sähkösopimusten perusteella ja se sisältää energiaveron. Hiilidioksidipäästöjen vähentymisen laskennassa käytettiin päästökertoimenä keskimääräistä sähköntuotannon päästökerrointa, joka on tällä hetkellä 181 kgCO₂/MWh (Motiva 2017d). Oletuksena on, että energiatehokkuustoimenpiteillä saavutettava sähköenergian vähentyminen pienentää CO₂-päästöjä suoraan edellä mainitun päästökertoimen verran. Hiilidioksidipäästöjen vähentyminen kuvaa energiatehokkuustoimenpiteistä saatavaa yhteiskunnallista hyötyä. Tämä hyöty arvotettiin kertomalla päästövähennykset hiilen yhteiskunnallisella kustannuksella (*the social cost of carbon*). Yhteiskunnallinen kustannus kuvaa nettonykyarvoa haitasta, joka syntyy, kun CO₂-päästöt kasvavat marginaalisesti. Tämän takia hiilen yhteiskunnallista kustannusta kutsutaan myös hiilen marginaaliseksi haittakustannukseksi (*the marginal damage cost of carbon*). Tol (2011) teki vertailevaa tutkimusta ilmastomuutoksen aiheuttamista taloudellisista vaikutuksista. Tutkijan meta-analyysin aineistona oli 311 julkaistua arviota hiilen yhteiskunnallisesta kustannuksesta. Näiden arvioiden keskiarvoksi laskettiin 177 dollaria per hiilitonni. Keskihajonta oli kuitenkin 293 \$, mikä kertoo arvioiden merkittävästä hajonnasta. (mts. 431). Tässä tutkielmassa päätettiin käyttää hiilen yhteiskunnallisena kustannuksena 177 \$/tC, mikä vastaa 48,20 \$/tCO₂. Kustannus on euroiksi muutettuna 40,40€/tCO₂².

Jokaista tarkastelussa olevaa energiatehokkuustoimenpidettä ja niistä saatavia hyötyjä tutkittiin erikseen. Energiatehokkuusinvestointien kannattavuuden arvioinnissa käytettiin nettonykyarvomenetelmää. Menetelmällä saatuja tuloksia hyödynnettiin,

² 9.1.2018 valuuttakurssin mukaan, 1 US\$=1,1932 €.

kun annettiin suosituksia energiatehokkuustoimenpiteiden toteuttamisen priorisoinnista. Seuraavaksi esitetään yksitellen tähän tutkielmaan valittuja energiatehokkuustoimenpiteitä sekä miten niistä saatavia hyötyjä on tarkasteltu. Lisäksi esitellään kannattavuuden arvioinnissa käytetty nettonykyarvomenetelmä, aurinkosähkön käyttöönottoon liittyvä tarkastelumenetelmä sekä pinta-alojen ja ominaiskulutusten korrelaatiota kuvaava menetelmä.

4.1. Energiatehokkuustoimenpiteiden tarkastelu

Kylmäkalusteiden kannet

HOK-Elannossa useiden myymälöiden kylmäkalusteet ovat jo kansitettuja etenkin miinuspuolen kalusteissa. Alepa-ketjussa on jo systemaattisesti otettu kansitukset käyttöön plus- ja miinuspuolella, mutta energiansäästöpotentiaalia on edelleen noin 50 prosentissa myymälöistä. S-Market ja Prisma -ketjuissa kansituksia on tehty vähäisemmissä määrissä. Prismoissa kansien asentamista on jarruttanut käsitys siitä, että kannet hankaloittavat kaupassa asioimista etenkin ruuhka-aikoina ja siten vaikuttavat myös asiakkaiden asiointikokemukseen.

HOK-Elannon kulutusseurantajärjestelmästä ei saanut tarkkaa analyysiä siitä, miten jo asennetut kylmäkalusteiden kannet ovat vaikuttaneet energiankulutuksiin. Kansien investoimisen jälkeen tapahtunutta muutosta energiankulutuksessa havaittiin vain muutamissa kohteissa, ja tuloksissa oli paljon eroa (energiansäästö vaihteli 15 ja 40 prosentin välillä). Tämän takia arvio saavutettavasta energiansäästöstä asetettiin 30 prosenttiin kirjallisuudesta saatujen tietojen perusteella (ks. luku 2.6). Lisäksi päätettiin tutkia vain pluspuolen kalusteita, sillä pakastekalusteet ovat pääsääntöisesti kansitettuja. Useissa yhdistelmäpakastekalusteissa yläosiin on asennettu ovet, ja horisontaalinen alaosa on avoin. Tällaisessa tapauksessa alaosan kansittamisen energiansäästövaikutusta on hyvin vaikea arvioida, sillä yläoven avaamisen yhteydessä kylmää ilmaa valuu kalusteen alaosaan. Tämä tarkoittaa, että oven avaamisen yhteydessä poistuvasta kylmäilmasta ei kaikki mene hukkaan.

HOK-Elannon kulutusseurantajärjestelmästä poimittujen tietojen mukaan arvio pluspuolen sähkönkulutuksesta suhteessa kokonaissähkönkulutukseen on S-

marketeissa noin 28 %. Kaikista Alepa- ja S-market -toimipaikoista ei ollut eriteltyä tietoa kylmälaitteiden kuluttamasta sähköstä. Näiden kohdalla siis arvioitiin laskennallisesti, että 28 prosenttia kokonaissähkön kulutuksesta aiheutuu pluspuolen kylmälaitteista. Prismoista saatiin dataa jokaisesta toimipaikasta. Tarkastelussa oletettiin, että 50 % Alepoiden ja noin 25 % S-markettien pluspuolen kylmäkalusteista on jo tällä hetkellä kansitettuja. S-markettien kohdalla kyseiset 25 % ovat toimipaikkoja, joissa on jo otettu käyttöön uusi hiilidioksidilla toimiva kylmäteknikka, ja prosenttiosuus kuvastaa näiden toimipaikkojen pluspuolen sähkönkulutuksen osuutta kaikkien S-market -myymälöiden yhteenlasketusta pluspuolen sähkönkulutuksesta. Arvio Alepoiden kansitusten määrästä on puolestaan saatu HOK-Elannolta.

Hiilidioksidilla toimivat kylmäjärjestelmät

Kirjallisuudesta kerättyjen tietojen perusteella tässä tutkielmassa päätettiin käyttää arviona hiilidioksidilaitoksen tuomasta energiansäästöstä 10 prosenttia (ks. luku 2.6). Energiansäästöä tulisi tarkastella yhdessä ilmanvaihdon ja lämmöntalteenottoratkaisujen kanssa. Se ei kuitenkaan tässä työssä ollut mahdollista suuren otannan ja vaihtelevien järjestelmien takia. Tässä tutkimuksessa mukana olevista myymälöistä 83 Alepaa, 36 S-markettia ja kaikki Prismat (12 kpl) käyttävät vielä vanhaa R404A-kylmäaineella toimivaa kylmäteknikkaa.

Arvio hiilidioksidilaitosten investointikustannuksista on 444 000€ supermarketissa (S-marketit) ja 960 000€ hypermarketissa (Prismat). (Rhiemeier ym. 2009, 172-173). Investointikustannuksena on Alepoiden osalta käytetty 250 000 euroa, joka on HOK-Elannon antama arvio. Tällöin kaikkien tässä tarkastelussa mukana olevien myymälöiden yhteenlasketuksi hiilidioksidilaitosten investointikustannukseksi saadaan noin 49 milj. euroa. HOK-Elannolta saatujen tietojen mukaan kylmäkalusteiden kansien jälkiasennus on suhteellisen kallista, mutta asennus samanaikaisesti CO₂-laitosinvestointien kanssa ei tuota lisäkustannuksia. Lisäkustannuksia ei synny, koska kansien kustannus kompensoituu säästöillä, jotka saadaan kylmäkoneikon teknisten osien mitoitukselta. Tämän takia tässä tutkielmassa päätettiin tarkastella CO₂-järjestelmien ja kansien samanaikaista investointia ja siitä syntyviä säästöjä.

Loisteputkivalaisimien korvaaminen ledeillä

Valaistuksella on vähittäismyyntikaupoissa tärkeä merkitys sekä tuotteiden näkyvyyden että energiankulutuksen osalta. Riittävällä valaistuksella varmistetaan, että myytävät tuotteet ovat hyvin esillä, mutta valaistukseen kuluva sähkö kuluttaa myös huomattavan paljon energiaa. Led-lampuilla voidaan saavuttaa noin 50 % pienempi energiankulutus perinteisiin loisteputkilamppuihin verrattuna. Lisäksi niillä on huomattavasti pidempi käyttöikä. (Schönberger ym. 2013b, 106-107). HOK-Elannon myymälöiden valaistusuudistusten yhteydessä pyritään kiinnittämään huomiota myös valaistuksen tehokkaaseen kohdistamiseen. Tämä tarkoittaa valaistuksen suuntausta hyllyväleihin ja tuotteisiin, kun aikaisemmin osa valotehosta on kohdistunut tarpeettomasti myös myyntikalusteiden ylähyllyjen päälle. Tällä on myös merkittävä vaikutus energiansäästön muodostumiseen. (Mikko Koivula, Ramboll, henkilökohtainen tiedonanto 18.10.2017).

Valaistuksen osalta analyysissä on mukana 101 Alepaa, 30 S-Markettia sekä 11 Prismaa. Muissa toimipaikoissa on jo otettu led-teknologia käyttöön tai siihen siirrytään kuluvan vuoden aikana. Perusvalaistus on toteutettu tällä hetkellä pääosin T5- ja T8-loisteputkilampuilla (49 tai 51 W). Perusvalaistuksella tarkoitetaan tässä yhteydessä kattoon asennettuja loisteputkilamppuja. Tarkastelussa ei huomioida erikseen lisävalaistusta tuottavia kohdevaloja eikä kylmälaitteiden omia valaisimia. Myös ulkovalaistuksen erillistarkastelu päätettiin sivuuttaa, sillä ulkovalaistuksen kuluttaman sähkön osuus kokonaissähkön kulutuksesta on maksimissaan vain muutamia prosentteja. Valaistuksen tarkempaa erittelyä vaikeuttaisi kulutusseurannan puutteellisuuden lisäksi myös se, että tätä tutkielmaa tehdessä ei ollut käytössä myymälöiden eriteltyjä pinta-alatietoja, joiden avulla nykyisiä kulutuksia olisi voinut estimoida.

HOK-Elannon ilmoittamien tietojen mukaan myymälöiden perusvalaistuksen valaistusvoimakkuus on pyritty asettamaan hyllyjen pystypinnoilla 500 luksiin. Asennetusta valaistustehosta ei ollut saatavilla tietoa, joten se jouduttiin arvioimaan laskennallisesti. Valaistuksen kokonaissähköteho huonenediometriä kohden lasketaan yhtälön (2) mukaisesti

$$P_{valaistus} = \frac{1}{\beta \eta \eta_{\Phi}} E_i \quad (2)$$

jossa $P_{valaistus}$ on tilan valaistuksen kokonaisteho (W/m^2), β valaistuksen alenemakerroin, η valaistushyötysuhde, η_{Φ} lamppujen valotehokkuus (lm/W) sekä E_i tilan i valaistusvoimakkuus (lux). Valaistuksen alenemakertoimenä on käytetty arvoa 0,7 (puhdas ympäristö) ja valaistuksen hyötysuhteena arvoa 0,4 (suora valaistus). (Ympäristöministeriö 2015, D3 laskentaopas). Tällä hetkellä käytössä olevien T5- ja T8-loisteputkilamppujen valotehokkuus on arvioitu olevan keskimäärin 90 luumenia per watti perustuen markkinoilla olevien vastaavien tuotteiden tietoihin (liite 3). Yhtälön (2) mukaan HOK-Elannon vähittäismyyntikauppojen keskimääräiseksi valaistuksen tehoksi saadaan $19,8 \text{ W/m}^2$.

Valaistuksen sähköenergian kulutus lasketaan puolestaan yhtälön (3) mukaisesti

$$W_{valaistus} = \sum \frac{P_{valaistus} A t \lambda}{1000} \quad (3)$$

jossa $W_{valaistus}$ on valaistuksen sähköenergian kulutus (kWh/a), $P_{valaistus}$ valaistuksen kokonaisteho (W/m^2), A valaistavan tilan huonepinta-ala (m^2), t valaistuksen käyttöaika tunneissa ja λ valaistuksen ohjaustapaan liittyvä kerroin (mukailten Ympäristöministeriö 2015, D3 laskentaopas). Tarkastelussa mukana olevien T5/T8-valaisintekniikkaa käyttävien vähittäismyyntikauppojen perusvalaistuksen sähkönkulutukseksi saadaan noin 32,5 GWh vuodessa.

Led-valaisimien investointikustannukset on arvioitu keskimääräisen kustannuksen mukaan. Kustannusarvio HOK-Elannon ilmoittaman tiedon mukaan on 60 000€ keskikokoisessa S-marketissa eli noin $21,3\text{€}/\text{m}^2$. Tätä arviota on käytetty S-markettien ja Alepoiden osalta. Prismoissa investointikustannuksena on puolestaan käytetty Keravan toimipaikan toteutunutta kustannusta, joka oli noin $18\text{€}/\text{m}^2$. Prismoissa suhteellinen investointikustannus voi olla perustellusti hieman alhaisempi, sillä investointiprojektit ovat laajempia ja näin ollen voidaan ajatella saavutettavan skaalaetuja. Edellä mainituilla kustannusarvioilla kaikkien tarkastelussa olevien myymälöiden yhteenlasketuksi led-valaisimien investointikustannukseksi saadaan noin 5,2 milj. euroa.

Tarpeenmukainen ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tarkastelu rajoittuu HOK-Elannon omistamiin kiinteistöihin, sillä vuokrakohteissa ilmanvaihdosta vastaa vuokranantaja. Tällöin ilmanvaihdon optimoinnista mahdollisesti koituva energiansäästö näkyisi HOK-Elannolla vain välillisesti vastikemaksun kautta, ja energiansäästöä ei voitaisi huomioida raportoinnissa. Tutkimuksessa mukana olevista kohteista HOK-Elannon omistamia kiinteistöjä on 51 kappaletta.

Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla tarkoitetaan yleensä ilmanvaihtoa, joka pyrkii saavuttamaan halutun sisäilman laadun alentuneella energiakustannuksella. Tilan hiilidioksidipitoisuuden mukaan muuttuva ilmanvaihto on yksi yleisimmistä ohjauskäytännöistä. (Emmerich & Persily 1997, 229). Tässä tutkielmassa tarkastellaankin, minkälaista energiansäästöä voisi saavuttaa CO₂-ohjauksen käyttöönotolla niissä toimipaikoissa, joissa sitä ei vielä ole. HOK-Elannon myymäläkiinteistöistä ainakin 10 Alepassa ja 8 S-Marketissa on käytössä hiilidioksidiperusteinen ilmanvaihdon ohjaus. Lisäksi se pitäisi olla käytössä myös kaikissa Prismoissa. Tällöin CO₂-ohjauksen käyttöönotolla olisi energiansäästöpotentiaalia vielä 26 myymälässä.

Ilmanvaihdon tarkastelussa otetaan huomioon Suomen rakennusmääräyskokoelman uudistuminen. Tämän tutkielman kannalta kiinnostavaa on tutkia asetusta rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta, jota käsitellään kokoelman osassa D2. Valmisteilla olevassa asetuksessa annetaan aikaisempaa paremmat lähtökohdat henkilömääräisen ilmanvaihdon mitoituksen soveltamiselle. Asetuksen pykälässä 9 mainitaan, että ”Oleskelutilojen ulkoilmavirran tulee olla vähintään 6 dm³/s henkilöä kohti, jos tilan käyttötarkoituksesta ei aiheudu lisäilmavirran tarvetta.” Lisäksi todetaan, että ”Koko rakennuksen ulkoilmavirran tulee olla kuitenkin vähintään 0,35 (dm³/s)/m² lattian pinta-alaa kohden, jos rakennuksen tilan käyttötarkoituksen erityisluonteesta ei aiheudu lisäilmavirran tarvetta.” (Ympäristöministeriö 2016). Toistaiseksi voimassa olevassa asetuksessa on puolestaan annettu eri tiloille omat ohjeelliset ilmanvaihdon mitoitusarvot, ja myymälöiden osalta mitoitusarvo on 2 (dm³/s)/m² (Ympäristöministeriön asetus rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta, D2 (2012)). Vaikka nykyisessä asetuksessa mainitaan, että ensisijaisesti tulee käyttää

henkilömääräperusteista ilmanvaihdon mitoitusta, ei siihen liittyvää ohjearvoa ole mainittu myymälöiden kohdalla. Tämä on vaikeuttanut asetuksen tulkintaa, ja näin ollen pinta-alaperusteisesta ilmanvaihdon mitoituksesta on tullut vakiintuneempi käytäntö vähittäismyyntikaupoissa. Asetuksen uudistumisen myötä henkilömääräisen ilmanvaihdon mitoitus luultavasti yleistyy.

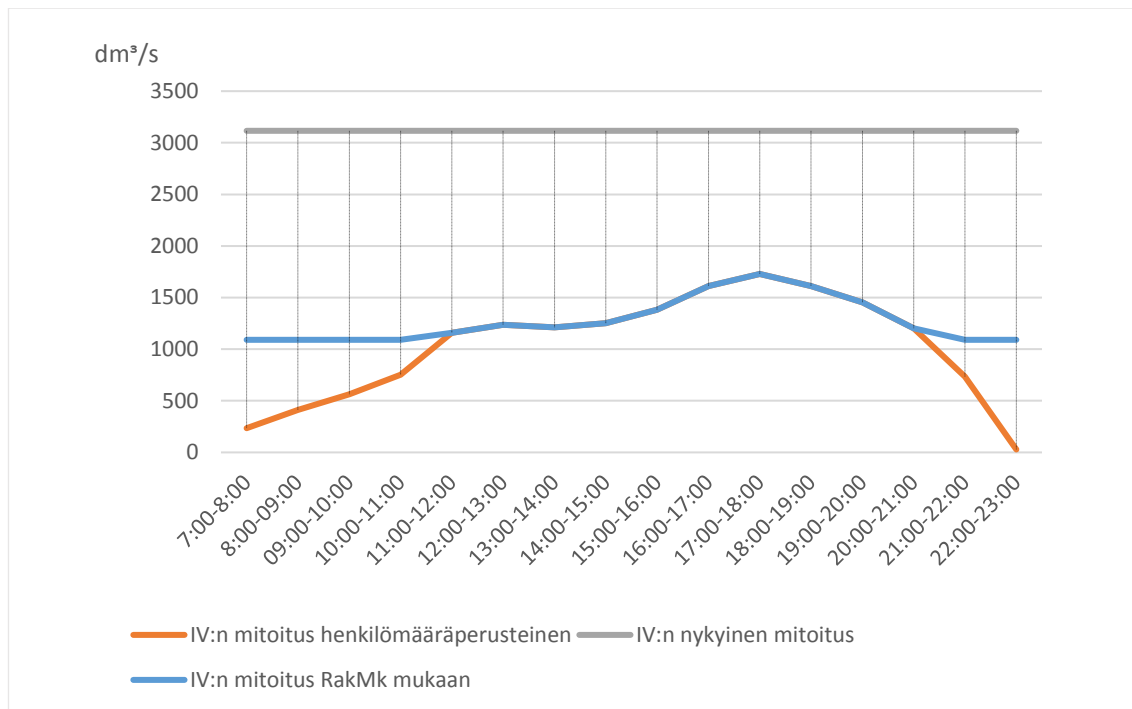
Ilmanvaihdon optimoinnin tarkastelu osoittautui kuitenkin haasteelliseksi. HOK-Elannon kiinteistöjen etähallinnasta vastaavan Nikolas Airaksisen (Are Oy) mukaan (henkilökohtainen tiedonanto 10.7.2017) suurin osa vähittäismyyntikaupoista on ilmalämmitteisiä. Tämä tarkoittaa sitä, että ilmanvaihto on kytketty samaan järjestelmään lämmityksen kanssa, jolloin ilmanvaihtokone on toiminnassa tietyllä teholla aina silloin kun on lämmitystarvetta. Näin ollen pelkkää ilmanvaihtoa ei voida aina ohjata henkilömääräperusteisesti. Airaksinen mainitsi myös, että uusimpien kiinteistöjen ilmanvaihtokoneet on varustettu CO₂-ohjauksella, mutta huonosti sijoitetut anturit aiheuttavat hieman ongelmia. Ilmanvaihdon energiatehokkuutta kuitenkin voidaan parantaa erityisesti lämmitysjärjestelmän muuttamisella esimerkiksi lattialämmitykseen. HOK-Elannon uusimmat myymälät ovatkin varustettu lattialämmitysjärjestelmällä. Lisäksi tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ohjauksessa tullaan tulevaisuudessa luultavasti hyödyntämään enemmän myös muita tekniikoita, kuten erilaisia antureita ja kameroita (ks. esim. Kuutti, Blomqvist & Sepponen (2014)).

Tässä tutkielmassa oletetaan, että CO₂-antureiden avulla ilmanvaihtoa pystytään ohjaamaan henkilömääräperusteisesti, ja tämän takia lämmitystarpeen vaikutus ilmanvaihdon mitoitukseen sivuutetaan. Lisäksi oletetaan, että ilmanvaihto on tällä hetkellä mitoitettu nykyisen rakentamismääräyksen mukaan ($2 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$) ja että ilmanvaihtolaitteiden tehot ovat $2 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ suurentuen lineaarisesti tarvittavan ilmamäärän mukaan. Käytetty teholumema perustuu tietoihin, jotka saatiin Prisma Viikistä ja Itäkeskuksesta tehdyistä energiakatselmuksista. Nykyaikaisissa laitteissa tehot saattavat olla kuitenkin tätä pienempiä. Esimerkiksi ympäristöministeriön asetusluonnoksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta määritellään, että koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään $1,8 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ (Ympäristöministeriö 2016).

Myymälöiden asiakasmäärät on arvioitu HOK-Elannon energianhallintapäällikkö Kimmo Valtosen (2013) tekemän tutkimuksen ja muutamasta myymälästä saatujen asiakaspaineraporttien pohjalta. Niistä saatuja tietoja hyödyntäen tarkastelussa olleet S-market -myymälät jaettiin kolmeen eri kategoriaan kaupan koon mukaan. Alepoiden osalta käytettiin vain yhtä HOK-Elannolta saatua asiakaspaineraporttia. Käytetyt asiakasmäärät on esitetty liitteessä 2.

Ilmamäärien todellinen tarve on laskettu henkilömääräisen mitoituksen mukaan eli $6 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$. Valtosen (2013) tekemän tutkimuksen mukaan vuoden kiireellisimpien tuntien ajallinen pysyvyys on vain noin 0,2 prosenttia eli 10 tuntia vuodessa. Tämän takia näitä ruuhkahuippuja ei huomioida tässä tarkastelussa. Muina aikoina asiakasmääräprofiili on melko vakio. Lisäksi Kimmo Valtosen mukaan ilmanvaihtokoneita käytetään tällä hetkellä noin 50 %:n teholla. Tätä oletusta on käytetty tässä tutkielmassa S-markettien osalta. Alepoiden osalta kuitenkin oletetaan, että ilmanvaihtokoneet käyvät täydellä teholla, sillä laskelmat osoittivat, että useassa tarkastelukohteessa 50 %:n teho ei olisi ollut riittävä.

Kuvassa 5 on havainnollistettu tyypillisen S-marketin tarpeenmukaisen ilmanvaihdon suhdetta ilmanvaihtoon, jota ei ohjata kysynnän mukaan (nk. vakioilmavirtainen ilmanvaihto). Käytännössä ilmanvaihtokoneita ohjataan lämpötilojen mukaan, joten koneet voivat olla muuttuvaimavirtaisia, mutta ne eivät käytä sisäilman laatua mittaavia parametreja ilmanvaihdon ohjauksessa. Lisäksi kuvassa 5 on esitetty rakennusmääräyskokoelman (RakMk) uuden asetuksen mukaisesti mitoitettu ilmanvaihto. Asetus asettaa ilmanvaihdon minimiarvon, jolloin hiljaisina tunteina ilmanvaihtoa tulee tehostaa henkilömääräiseen mitoitukseen verrattuna.



KUVA 5. Tyypillisen S-marketin nykyinen, henkilömääräperusteinen ja RakMk:n mukainen ilmanvaihdon mitoitus

Kuvasta 5 nähdään, että ilmanvaihdosta saatavaa energiansäästöpotentiaalia on reilusti ja että pinta-alaperusteisesti mitoitettut ilmamäärät ovat paljon suuremmat todelliseen tarpeeseen nähden, vaikka ilmanvaihtokoneita käytetään 50 %:n teholla (S-marketeissa). Kuitenkin käytännössä ilmanvaihtokoneita ei välttämättä voida käyttää tätä pienemmillä tehoilla, jolloin ilmanvaihtoa ei pystytä optimoimaan kunnolla. Uusien myymälöiden kohdalla tuleekin huolehtia, että ilmanvaihtokoneiden tehoja ei ylimitoiteta.

4.2. Nettonykyarvomenetelmä

Nettonykyarvomenetelmällä tutkitaan rahallisia hyötyjä ja kustannuksia. Menetelmän tarkoituksena on selvittää investointien nettonykyarvo, jonka arvon perusteella voidaan tehdä päätelmiä investoinnin kannattavuudesta. Nettonykyarvon ollessa negatiivinen investointi ei ole kannattava. Eri investointien vertailussa kannattavimmaksi investoinniksi katsotaan pääsääntöisesti se, jonka nettonykyarvo on suurin. Nettonykyarvo lasketaan kaavalla (4)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C}{(1+i)^t} \quad (4)$$

jossa NPV on nettonykyarvo, B investoinnin hyödyt, C investoinnin kustannukset, i korkotaso, n vuosien määrä ja $\frac{1}{(1+i)^t}$ diskonttaustekijä. Eri energiatehokkuustoimenpiteillä saattaa kuitenkin olla eripituiset käyttöiät, jolloin nettonykyarvoja ei voida suoraan vertailla keskenään. Tällaisessa tapauksessa ne tulee tehdä vertailukelpoisiksi kaavojen (5) ja (6) mukaisesti

$$EANB = \frac{NPV}{a_i^n} \quad (5)$$

$$a_i^n = \frac{1-(1+i)^{-n}}{i} \quad (6)$$

joissa EANB on vuotuinen annuiteetti (*equivalent annual net benefits*), a_i^n annuiteettitekijä, i käytetty korkotaso ja n vuosien määrä. Taloudellisesti kannattavin investointi on se, jolla on korkein annuiteetti.

Tässä tutkielmassa toimenpiteiden kannattavuuden arvioinnissa käytettiin kolmea eri diskonttokorkoa (2, 5 ja 10 prosenttia). Toimenpiteistä saatavat taloudelliset hyödyt diskontattiin kunkin vuoden puolesta välistä, sillä energiatehokkuustoimenpiteiden hyödyt kertyvät tasaisesti koko vuoden aikana ($t=0.5, 1.5, \dots, t_n$).

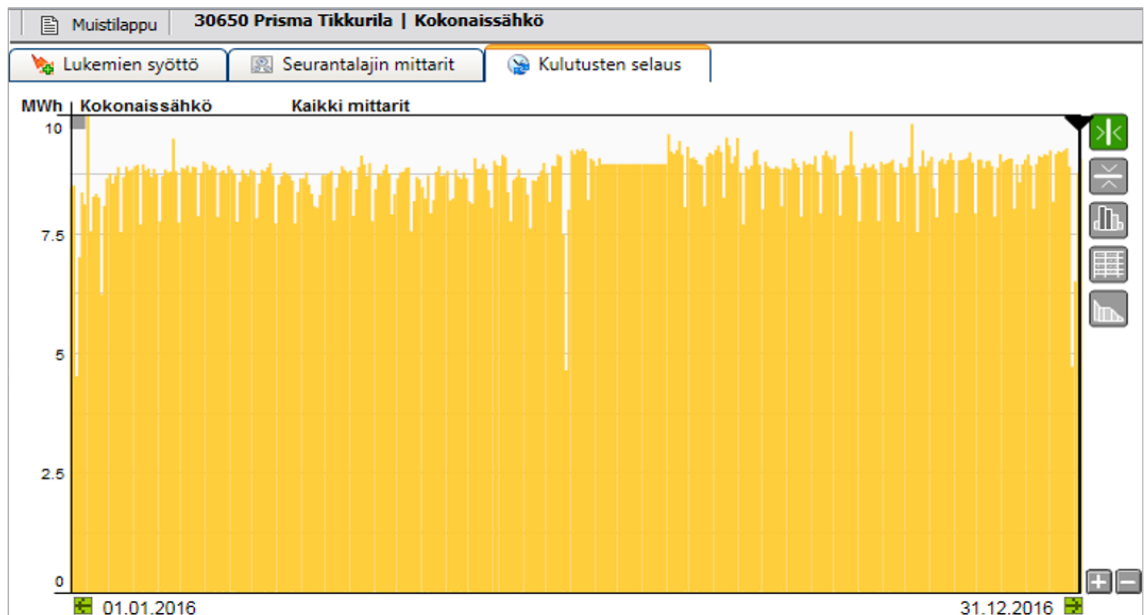
4.3. Aurinkosähkön käyttöönotto

Uusiutuvan energian hyödyntäminen on yleistynyt kaikkialla maailmassa. Syynä tähän on erityisesti halu vähentää fossiilisten energiavarojen käyttöä, mutta usein myös energiantuotannon omavaraisuuteen pyrkiminen. Aurinkoenergian käyttö on yksi yleisimmistä uusiutuvan energian muodoista, sillä edistyneen tekniikan ja jatkuvan tuoton ansiosta sitä voi hyödyntää monissa eri kohteissa. Lisäksi pitkät käyttöiät ja huoltovapaus ovat esimerkkejä aurinkoenergian hyödyistä. Vaikka aurinkoenergian investointikustannukset ovat alentuneet, ovat ne edelleen suhteellisen korkeat verrattuna esimerkiksi Suomessa saatavaan tuottoon. Investointien kannattavuutta parantaisi investointikustannusten alentuminen tai ostosähkön hinnan nousu. (Singh 2013, 1-2; VTT 2015, 50-51, 54)

Tässä tutkielmassa käytetään aurinkosähköinvestoinnin esimerkkinä Prisma Tikkurilan toimipaikkaa, jonne on jo vuoden 2017 aikana toteutettu aurinkosähkön käyttöönoton kartoitus. Kartoituksen toteutti SolarVoima Oy ja siinä ilmoitettuja tietoja hyödynnetään tässä tutkielmassa.

Prisma Tikkurilassa on tunnusomaiseen tyyliin paikoitustilaa kiinteistön kattotasanteella. Tasanteen kokonaispinta-ala on noin 4500 m². Aurinkopaneeliasennuksen voisi toteuttaa joko tasakatto-asennuksena tai parkkiruutasennuksena, jossa vain parkkiruudut katettaisiin paneeleilla. Aurinkosähköjärjestelmän kooksi saataisiin näillä kahdella toteuttamistavalla joko 450 tai 200 kW_p. Helpomman ja halvemman toteuttamistavan ansiosta SolarVoima Oy suositteli parkkiruutasennusta. Aurinkosähköjärjestelmän arvioitu vuosituotanto olisi 159 000 kWh (795 kWh/kW_p). Investointikustannukseksi on esitetty 300 000€, mutta kartoituksessa ei ole yksityiskohtaisesti esitetty, mistä kyseinen summa koostuu. Investointikustannus saattaa siis nousta esitettyä suuremmaksi, mikäli esitetty kustannus sisältää vain paneelit, mutta parkkiruutujen kattamiseen vaadittaisiin myös lisärakennelmia. Investointikustannus vaikuttaisi kuitenkin olevan johdonmukainen verrattuna esimerkiksi eräiden tutkijoiden esittämään arvioon, jonka mukaan yli 100 kW_p:n aurinkosähköjärjestelmä kustantaisi Saksassa noin 1700 \$/kW_p (~1450€/kW_p) (Lang, Ammann & Girod 2016, 80, Burger ym. 2013 mukaan).

Verkkoon syötetystä sähköstä maksettava hinta on alhaisempi kuin ostosähkön hinta. Tällöin on selvää, että aurinkosähköjärjestelmästä saadaan suurin hyöty silloin, kun tuotanto voidaan käyttää kokonaan omaan kulutukseen. Kuvassa 6 on havainnollistettu Prisma Tikkurilan kokonaissähkön vuorokausikulutusta vuodelta 2016. Kuvasta voidaan huomata, että kulutus vaihtelee melko tasaisesti noin 7,5 ja 9 MWh:n välillä. Kuvassa 7 puolestaan havainnollistetaan tyypillisen tuntikulutuksen jakaumaa. Kulutus vaihtelee kaupan aukioloaikojen mukaisesti ollen alhaisimmillaan yöllä ja korkeimmillaan päivällä ja iltapäivällä. Päivällä tuntikulutus on 300 ja 380 kWh:n välillä, mikä vahvistaa, että 200 kW_p:n aurinkosähköjärjestelmällä tuotettu sähkö pystyttäisiin hyödyntämään kokonaan kiinteistön omassa käytössä.



KUVA 6. Prisma Tikkurilan kokonaissähkön vuorokausikulutus ajanjaksolla 1.1.2016-31.12.2016



KUVA 7. Prisma Tikkurilan kokonaissähkön tuntikulutus ajanjaksolla 1.6.2017-7.6.2017

Aurinkosähkön kannattavuutta tutkittiin nettonykyarvomenetelmällä (ks. kaava (4)). Excelin Ratkaisin-työkalua apuna käyttäen selvitettiin investointikustannukset, jotka tuottavat 20 vuoden tarkastelujaksolla investoinnin nettonykyarvoksi 0 €. Lisäksi laskettiin muutos kannattavuudessa, mikäli HOK-Elanto saisi 25 % uusiutuvan energian

investointitukea työ- ja elinkeinoministeriöltä. Aurinkosähkön tuottamat hyödyt kertyvät vuoden aikana, erityisesti keskellä vuotta, joten rahavirrat diskontattiin kunkin vuoden puolestavälistä ($t=0.5, 1.5, \dots 19.5$). Hyödyt (B) laskettiin kaavalla (7)

$$B = P \times d \times p_e \quad (7)$$

jossa P on aurinkopaneelien vuosittainen tuotto (kWh), d aurinkopaneelien tehon alenemakerroin ja p_e ostosähkön hinta (€/kWh). Aurinkosähkön kannattavuuden herkkyyssanalyysissä käytettiin kolmea eri korkokantaa (2%, 5% ja 10%) ja kolmea eri ostosähkön hintaa (85€, 90€ ja 100€/MWh). Aurinkopaneelien vuosittaisena tuottona käytettiin SolarVoima Oy:n kartoituksessa arvioitua 159 000 kilowattituntia ja tehonalenemana 0,7 prosenttia vuodessa.

4.4. Pinta-alojen ja ominaiskulutusten välinen korrelaatio

Pinta-alojen ja ominaiskulutusten välistä korrelaatiota analysoitiin SPSS Statistics-ohjelmalla. Tarkoituksena oli selvittää, löytyykö negatiivista korrelaatiota eli pieneneekö ominaiskulutus myymälän pinta-alan kasvaessa. Tällöin pinta-ala asetettiin riippumattomaksi ja ominaiskulutus riippuvaksi muuttujaksi. Korrelaatiota analysoitiin käyttämällä Pearsonin korrelaatiokerrointa, joka kuvastaa muuttujien välistä lineaarista riippuvuutta. Pearsonin korrelaatiokerroin lasketaan yhtälön (8) mukaisesti

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}} \quad (8)$$

jossa r_{XY} kuvastaa korrelaatiokerrointa muuttujille X ja Y, x_i ja y_i yksittäisiä otoksia sekä \bar{X} ja \bar{Y} odotusarvoja. Korrelaatiokerroin lasketaan siis jakamalla muuttujien kovarianssi muuttujien keskihajontojen tulolla. Kerroin voi saada arvoja väliltä -1 ja 1. Arvo -1 kuvastaa täydellistä negatiivista korrelaatiota ja 1 puolestaan täydellistä positiivista korrelaatiota. Korrelaatiotestin merkitsevyyttä mitattiin kaksisuuntaisella testillä, jolla saatiin p-arvo. Mikäli $p\text{-arvo} \leq 0.01$ voidaan varmuudella todeta, että korrelaatio on tilastollisesti merkitsevä. Lisäksi laskettiin selityskerroin (r^2), joka kuvaa, kuinka paljon riippuvien muuttujien (ominaiskulutusten) vaihtelut ovat selitettävissä riippumattomilla muuttujilla (pinta-aloilla).

5. Aineiston kuvailu

Tämän tutkielman varsinaisessa analyysissä on mukana yhteensä 171 HOK-Elannon vähittäismyyntikauppaa, joista Alepoita on 107, S-marketteja 52 ja Prismoja 12 kappaletta. Myymälät sijaitsevat pääkaupunkiseudulla ja sen lähialueilla (Espoo, Helsinki, Hyvinkää, Järvenpää, Kerava, Mäntsälä, Nurmijärvi, Tuusula, Vantaa). Osa HOK-Elannon Alepoista ja S-marketeista jätettiin tästä tutkimuksesta pois niiden erityisten ominaispiirteiden takia. Tutkimuksessa mukana olleet myymälät on lueteltu liitteessä 1.

Myymälöiden pinta-ala- ja kulutustiedot on saatu pääosin HOK-Elannon kulutusseurantajärjestelmästä. Pinta-alat on kerrottu liitteessä 1. Kulutustietojen osalta on lähtökohtaisesti käytetty vuoden 2016 tai viimeisen 12 kuukauden tietoja, mutta joissain tapauksissa kulutukset on estimoitu myymälän keskimääräisen toteutuneen kulutuksen mukaan. Estimointia on käytetty, mikäli myymälä on ollut toiminnassa vajaan vuoden tai jos kulutustietoja ei jostain muusta syystä ollut saatavilla pidemmältä aikaväliltä.

Myymälöissä aikaisemmin tehdyistä energiatehokkuustoimenpiteistä on saatu tietoa HOK-Elannolta. Tietoa tarvittiin, jotta voitiin selvittää myymälöiden todellinen energiansäästöpotentiaali. Valaistuksen ja ilmanvaihdon tarkastelussa tarvittiin myös myymälöiden aukioloaikatietoja, jotka poimittiin myymäläketjujen omilta verkkosivuilta. Tyypillisen Alepan aukioloaika on arkisin ja lauantaisin kello 6:30-23:00 ja sunnuntaisin 09:00-23:00. Suurin osa S-marketeista on auki arkisin ja lauantaisin kello 07:00-22:00 ja sunnuntaisin 09:00-22:00. Osassa Alepoita ja S-marketteja aukioloajat ovat hieman pidemmät. Prismat puolestaan ovat auki viikon jokaisena päivänä kello 07:00-23:00 lukuun ottamatta Kaaren Prismaa, joka on auki 24 tuntia vuorokaudessa.

Taulukossa 3 on esitetty tarkastelussa olevien vähittäismyyntikauppojen pinta-aloihin liittyviä tunnuslukuja. Kokoluokiltaan näiden eri ketjujen rajat eivät ole täysin selkeät, sillä isoimmat Alepat ovat pienimpien S-markettien kokoisia ja isoimmat S-marketit ovat puolestaan reilusti pienimpiä Prismoja isompia. Kuitenkin pinta-alojen keskiarvoista voidaan selkeästi huomata, että ketjut kuuluvat eri suuruusluokkiin.

TAULUKKO 3. Tarkastelukohteiden kokoihin liittyviä tunnuslukuja sekä keskimääräiset sähkön ominaiskulutukset

	Alepa	S-market	Prisma
Lukumäärä	107	52	12
<i>joista HOK-Elannon kiinteistöjä</i>	22	22	7
Pinta-ala (m²) [min, max]	[156,2166]	[999,10348]	[4271,22731]
<i>Keskiarvo</i>	609	2817	11777
<i>Mediaani</i>	542	2238	10890
<i>Keskihajonta</i>	339	1760	4356
Pinta-ala yht.	61157	143649	141326
kWh/m², ka.	455	352	292

Alepoiden ja S-markettien osalta käytössä on bruttopinta-alat. Siihen kuuluu kaikki myymäläkiinteistön tilat tai vuokrakohteissa vuokrasopimuksen mukaiset tilat. Pelkkiä myymäläsalin pinta-aloja ei ollut saatavilla tätä tutkielmaa tehdessä. Eniten varsinaisen myymälän todellista pinta-alaa suurentavaa vaikutusta on niissä kohteissa, joissa bruttopinta-alaan kuuluu myös esimerkiksi parkkihalli. Prismojen osalta saatiin käyttöön pinta-alat, jotka ovat lähellä myymäläsalin pinta-aloja. Pinta-alat sisältävät kuitenkin myös joitain muita tiloja, mutta ovat huomattavasti pienemmät kuin bruttopinta-alat. Prismoissa bruttopinta-ala saattaa olla jopa nelinkertainen myymäläpinta-alaan nähden. Taulukossa 3 on esitetty myös ketjujen keskimääräiset ominaiskulutukset sähkön osalta. Alepa-ketjussa ominaiskulutus on keskimäärin yli 60 % suurempi kuin Prisma-ketjussa. S-marketeissa ominaiskulutus on suuruusluokaltaan Alepa - ja Prisma -ketjujen välissä.

Sähkön ominaiskulutusten ja pinta-alojen välinen korrelaatio

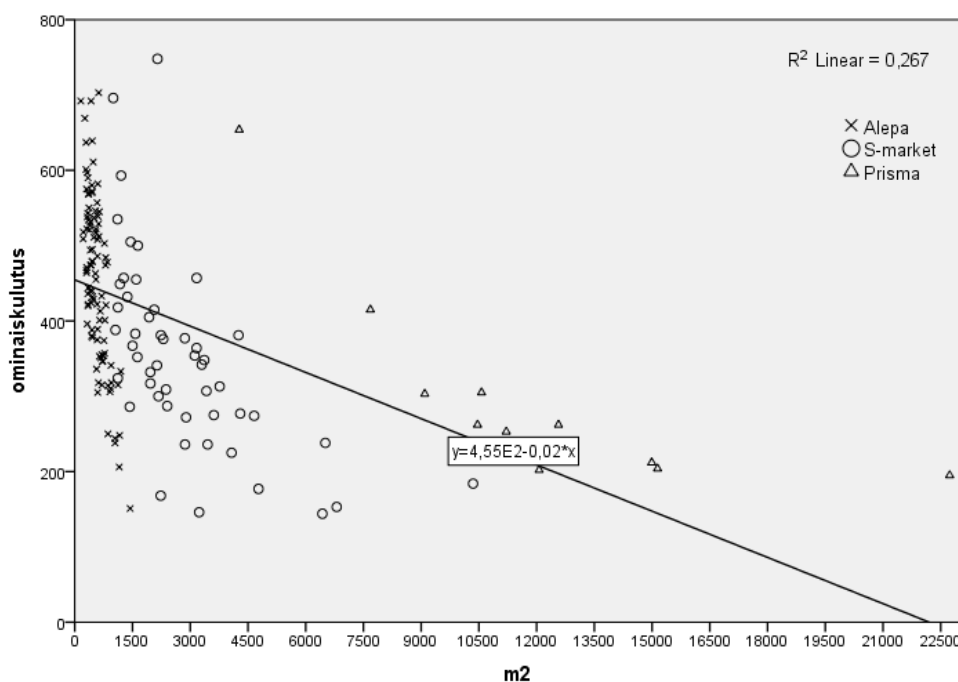
Pearsonin korrelaatiotesti osoitti, että pinta-alojen ja ominaiskulutusten välillä on jonkun verran negatiivista korrelaatiota ($r = -0.517$) ja että tulos on tilastollisesti merkitsevä ($p\text{-arvo} < 0.01$). Korrelaatiotestin perusteella voidaan siis todeta, että ominaiskulutus pienenee pinta-alan kasvaessa. Taulukossa 4 on esitetty korrelaatiotestin tulokset.

TAULUKKO 4. Pinta-alojen ja ominaiskulutusten välinen korrelaatio ja sen tilastollinen merkitsevyys

		Pinta-ala	Ominaiskulutus
Pinta-ala	Pearson korrelaatiokerroin	1	-,517**
	p-arvo		,000
	N	162	162
Ominaiskulutus	Pearson korrelaatiokerroin	-,517**	1
	p-arvo	,000	
	N	162	162

** . Korrelaatio on merkitsevä tasolla 0.01 (2-tailed)

Selityskertoimeksi (r^2) puolestaan saatiin 0,267. Tämä kertoo, että 26,7 % ominaiskulutusten vaihteluista on selitettävissä pinta-alojen vaihteluilla. Edellä mainittujen havaintojen perusteella voidaan päätellä, että tilastollisesti merkitsevää näyttöä negatiivisesta korrelaatiosta on olemassa, mutta lineaarinen malli ei kuvaa kovin hyvin aineiston käyttäytymistä. Regressiosuoran yhtälön mukaan pinta-alan kasvu esimerkiksi 100 neliömetrillä johtaisi ominaiskulutuksen alenemiseen 2 kWh:lla (kuva 8). Mikäli eri vähittäismyyntikauppaketjuja tarkastellaan erikseen, lineaarinen estimointi vaikuttaisi kuvaavan aineistoja paremmin. Liitteessä 4 on esitetty ominaiskulutuksien hajonnat jokaisesta myymäläketjusta erikseen.



KUVA 8. Myymälöiden ominaiskulutukset (n=162) ja lineaarinen regressiosuora

Edellä esitetty tarkastelu osoittaa, että eri myymälöiden keskinäinen vertailu ei välttämättä tuota realistista kuvaa myymälöiden energiatehokkuuksien tasoista. Esimerkiksi myymälöiden vaihtelevat aukioloajat sekä jo toteutettujen energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutukset selittävät energiatehokkuustasojen vaihtelua. Kuitenkin näiden vaihteluiden suuri hajonta antaa mahdollisuuden päätellä, että merkittävää energiansäästöpotentiaalia voisi olla havaittavissa. Erityisesti Alepa - ja S-market -ketjujen energiatehokkuuksissa on paljon hajontaa. Alepoiden ominaiskulutukset vaihtelevat 150 ja 700 kWh:n välillä, S-markettien 140 ja 750 välillä ja Prismojen 200 ja 650 välillä. Ominaiskulutukset eivät välttämättä myöskään ole yhtäläiset saman kokoluokan myymälässä. Esimerkiksi yhdessä suurimmista Alepoista (Alepa Viherlaakso, 1195 m²) ominaiskulutus on 333 kWh/m². Vastaavankokoisen S-marketin (S-market Torpparinmäki, 1111 m²) ominaiskulutus on kuitenkin 535 kWh/m², eli noin 60 % suurempi. S-market Malmi (6805 m²) on puolestaan yksi suurimmista S-market -ketjun myymälöistä, ja kyseisessä toimipaikassa ominaiskulutus on 153 kWh/m². Hieman suuremman Prisman (Prisma Tikkurila, 7679 m²) ominaiskulutus on 415 kWh/m², joten tässäkin tapauksessa suuremman kokoluokan myymälässä ominaiskulutus on huomattavasti suurempi.

Galvez-Martos ym. (2013a, 984) tutkivat useita eurooppalaisia vähittäismyyntikauppoja ja totesivat saamiensa tulosten pohjalta, että energiatehokkaimmilla toimijoilla kokonaisenergiankulutus on vuodessa alle 500 kWh per myymäläneliö. Tassou ym. (2011, 148-149) puolestaan osoittivat, että sähköenergiankulutus myymäläneliötä kohden voi vaihdella noin 200-3000 kilowattitunnin välillä riippuen myymälän koosta. Myymälöissä, joiden pinta-ala oli 280-1400 m², sähköenergian ominaiskulutus oli keskimäärin 1000 kWh/m². Suuremmassa kokoluokassakin (1400-5000 m²) ominaiskulutus oli 920 kWh/m², eli vain hieman vähemmän kuin pienemmissä myymälöissä. Yli 5000 m²:n myymälöissä ominaiskulutus oli keskimäärin 770 kWh/m². Näihin vertailuarvoihin nähden suurin osa HOK-Elannon myymälöistä vaikuttaisi olevan hyvinkin energiatehokkaita. Toisaalta yllä esitetyt HOK-Elannon vähittäismyyntikauppaketjujen ominaiskulutukset on laskettu bruttopinta-alan mukaan, joten ne eivät ole täysin vertailukelpoisia myymäläneliöiden perusteella laskettuihin ominaiskulutuksiin.

6. Tulokset

Tässä luvussa käsitellään energiatehokkuustoimenpiteiden ja aurinkosähkön tuomia hyötyjä ja kannattavuutta sekä lopuksi esitetään energiatehokkuustasot, joita vähittäismyyntikaupat voivat tavoitella. Keskimääräistä sähkön ominaiskulutusta hyödyntäen laskettiin myös saavutettava energiansäästö, jos keskivertoa enemmän kuluttavien myymälöiden sähkön kulutus vähenisi keskivertotasolle. Tällä luvulla ei oteta kantaa siihen, minkälaisilla toimenpiteillä säästö saavutettaisiin, mutta se kertoo suuntaa-antavan arvion myymälöiden energiatehokkuustason eroavaisuuksista ja säästöpotentiaalista. Alepa-ketjussa keskimääräinen ominaiskulutus on tällä hetkellä 455 kWh/m², S-market -ketjussa 352 kWh/m² ja Prisma-ketjussa 292 kWh/m². Myymälöiden sähkön kulutuksen tippuminen kunkin myymäläketjun keskivertotasolle tuottaisi vuosittaista energiansäästöä noin 12 GWh.

6.1. Saavutettavat hyödyt

Taulukon 5 kahdessa ensimmäisessä sarakkeessa on esitetty eri energiatehokkuustoimenpiteillä saatavat vuotuiset energiansäästöt sekä niiden avulla lasketut taloudelliset hyödyt. Taulukon kolmas sarake puolestaan kuvaa keskimääräistä hintaa (investointikustannusta) sille, kun energian kulutusta saadaan vähennettyä yhdellä kilowattitunnilla. Tässä on huomioitu energiansäästöt, jotka muodostuvat investoinnin koko käyttöiän aikana. Lisäksi taulukossa on esitetty kullakin toimenpiteellä saatavat vuotuiset päästövähennykset sekä yhden CO₂-kilon vähentämisen keskimääräiset kustannukset, kun huomioidaan päästövähennykset koko investoinnin käyttöiän ajalta. Valaistuksessa on käytetty käyttöikänsä 8 vuotta (noin 50 000 h), kylmälaitteissa 15 vuotta ja aurinkosähkössä 20 vuotta. Taulukon viimeinen sarake kuvaa vuotuista päästövähennyksistä muodostuvaa yhteiskunnallista hyötyä.

Hiilidioksidipäästöjen vähentyminen ei vaikuta HOK-Elannon kustannuksiin, sillä se ei joudu suoraan kustantamaan aiheuttamiaan päästöjä kuten jo aikaisemmin mainittu. HOK-Elannon tärkein tavoite ei myöskään ole päästöjen vähentäminen, mutta päästövähennykset tuottavat lisäarvoa energiatehokkuustoimenpiteistä saataviin

hyötyihin ja niitä voidaan käyttää raportoinnissa kuvaamaan tehtyjen energiatehokkuustoimenpiteiden vaikuttavuutta.

Led-valaistukseen siirtyminen tuottaa selkeästi suurimmat taloudelliset hyödyt, sillä valaistusteknologian muutoksella saavutetaan prosentuaalisesti suurin vähennys energiankulutuksessa. Jos led-lamppujen energiankulutus on 50 % pienempi kuin loisteputkilamppujen, syntyy energiansäästöä yli 16 GWh vuodessa. Tämä tarkoittaisi energiakustannusten vähentymistä noin 1,4 miljoonalla eurolla. Lisäksi led-valaistukseen investoiminen on kustannustehokkain tapa saada myös päästövähennyksiä, sillä yhden CO₂-kilon vähentämiseksi muodostuu investointikustannuksen kautta hintaa vain 23 senttiä.

Kylmäjärjestelmien ja -laitteiden osalta laskettiin hyödyt siten, että CO₂-järjestelmiin ja uusien laitteiden kansituksiin investoidaan samanaikaisesti. HOK-Elannolta saatujen tietojen mukaan vanhojen kylmälaitteiden kansittaminen ei tässä vaiheessa enää ole mielekäästä, sillä uusiin järjestelmiin tullaan investoimaan lähitulevaisuudessa. Lisäksi kansien laittaminen jälkiasennuksena on kallista. Käytännössä kylmäjärjestelmien investoinneille on kaksi vaihtoehtoa: pelkkien avonaisten CO₂-laitteiden asennus tai CO₂-laitteiden ja kansien asennus. Hiilidioksidia käyttävien kylmäjärjestelmien ja kylmäkalusteisiin asennettavien kansien yhteenlaskettu vuosittainen energiansäästö on noin 10 GWh. Energiatehokkuustoimenpiteinä nämä eivät ole kovin kustannustehokkaita (yhden kilowattitunnin vähentämisen kustannus 16-kertainen led-valaistukseen verrattuna), vaikka vuosittaista taloudellista säästöä syntyykin lähes 880 000 euron verran. Kylmäjärjestelmien uusimisilla saavutetaan päästövähennyksiä led-valaistuksen jälkeen toiseksi eniten (noin 1900 tCO₂/a). Tässä laskelmassa on huomioitu vain epäsuorien päästöjen vähenemä, jolloin todellinen päästövähennemä olisi luultavasti suurempi, mikäli huomioitaisiin kylmäaineen vaihtamisen vaikutus kylmäainevuotojen aiheuttamiin suoriin päästöihin. Kylmäjärjestelmiin investoiminen on kuitenkin päästöjen vähentämisen näkökulmasta kallista, sillä yhden CO₂-kilon vähentämisen kustannus on yli 7-kertainen led-valaistuksella saataviin päästövähennyksiin verrattuna.

Uusiin hiilidioksidilla toimiviin kylmälaitejärjestelmiin on kuitenkin pakollista investoida vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi kylmäjärjestelmät ovat välttämätön osa

vähittäismyyntikaupan liiketoimintaa, joten niihin investoimista ei voida tarkastella pelkästään syntyvien säästöjen kautta. Uusiin järjestelmiin investoiminen kannattaa mahdollisuuksien mukaan ajoittaa siten, että huomioidaan vanhojen järjestelmien uusimistarpeet.

TAULUKKO 5. Energiatehokkuustoimenpiteiden ja aurinkosähkön käyttöönoton tuomat hyödyt sekä energiankäytön ja päästöjen vähentämisen yksikkökustannukset

Toimenpide	Energiansäästö (GWh/a)	Säästö (€/a)	€/kWh, keskiarvo	Päästövähennys (tCO ₂ /a)	Päästöjen vähentämisen kustannus (€/kgCO ₂), keskiarvo	Yhteiskunnallinen hyöty (40,40€/tCO ₂)
Led-valaistus	16,2	1 381 225 €	0,02 €	2941	0,23 €	118 824 €
Hiilidioksidilaitokset & kansitukset	10,3	879 257 €	0,32 €	1872	1,76 €	75 641 €
Ilmanvaihdon optimointi	0,5	46 338 €	N/A	99	N/A	3 986 €
Aurinkosähkö (7 Prismaa)	1,1	94 605 €	0,10 €	201	0,52 €	8 139 €
Yhteensä	28,3	2 401 424 €		5114		206 590 €

Ilmanvaihdon optimoinnin energiansäästöpotentiaali on laskettu rakennusmääräyskokoelman asetus huomioiden, sillä ilmanvaihtoa ei voida säätää asetuksen minimitasoja alemmaksi. Tarkastelussa mukana olevien myymälöiden yhteenlasketuksi vuosittaiseksi ilmanvaihdon energiansäästöpotentiaaliksi saatiin 545 MWh:a myymälöiden aukioloaikoina. Energiankulutuksen pienentyminen 545 MWh:lla tarkoittaisi energiakustannusten laskua noin 46 000 eurolla ja päästöjen vähentymistä noin 100 hiilidioksiditonilla. Energiansäästöpotentiaali on kuitenkin melko vähäinen. Tämä johtuu siitä, että tarkastelussa oli mukana vain HOK-Elannon omistamat kiinteistöt (51 kpl), joista vain osaan suoritettiin ilmanvaihdon optimoinnin tarkastelu. Käytännössä ilmanvaihdon optimointitarpeita voi olla myös muissa HOK-Elannon liikekiinteistöissä, vaikka hiilidioksidimittaukseen perustuva ilmanvaihto olisikin käytössä. Ilmanvaihdon osalta laskettujen säästöjen pienuus selittyy osittain myös sillä, että tässä tutkimuksessa ei huomioitu lämpöenergiaa, jota myös säästyy ilmanvaihdon optimoinnissa. Kuitenkin ilmanvaihdon optimointi on haasteellista, sillä

ilmanvaihtokoneet ovat usein ylimitoitettuja, jolloin niiden käyntitehoja ei välttämättä pystytä pienentämään tarpeeksi. Vanhojen ilmanvaihtolaitteiden korvaamista uusilla laitteilla ei tässä tutkielmassa alettu selvittää suhteellisen vähäisten energiansäästöjen takia. Lisäksi tarvittavien hiilidioksidiantureiden sekä ilmanvaihtolaitteiden ohjelmointien kustannusarviot olisi hyvä tehdä jokaiseen toimipaikkaan erikseen. Kustannuksia olisi ollut haastavaa arvioida yleisellä tasolla. Ilmanvaihdon optimoinnin osalta laskettu energiansäästö kuvaa mahdollisesti paremmin sitä energiansäästöä, joka syntyy tulevaisuudessa uusien toimipaikkojen rakentamisen ja niihin asennettavien optimoitujen ilmanvaihtokoneiden kautta.

Aurinkosähkön osalta laskettiin, kuinka paljon säästöä syntyisi, jos samanlainen aurinkosähköjärjestelmä otettaisiin käyttöön kaikissa HOK-Elannon omistamissa Prisma-kiinteistöissä (7 kpl). Vuosittaista energiansäästöä muodostuisi reilu 1 GWh, mikä tarkoittaisi vajaan 100 000 €:n vuosittaista taloudellista hyötyä. Hiilidioksidipäästöjen vähentämiselle laskettu kustannus on melko alhainen, mutta kuitenkin korkeampi kuin led-valaisimien investoimisesta koituva kustannus.

Päästövähennyksistä muodostuu yhteiskunnallista hyötyä yhteensä noin 200 000€ vuodessa. Kun nämä summataan yksityistaloudellisten hyötyjen kanssa, on kokonaistaloudellinen hyöty noin 2,6 miljoonaa euroa vuodessa, mikäli kaikki esitetyt energiatehokkuustoimenpiteet toteutetaan sekä aurinkosähkö otetaan käyttöön. Kustannustehokkain tapa päästöjen vähentämiseen on kuitenkin led-valaistukseen investoiminen, mikä yksittäisistä toimenpiteistä tuottaa myös suurimmat yhteiskunnalliset hyödyt.

6.2. Toimenpiteiden kannattavuus

Tässä osiossa esitetään energiatehokkuustoimenpiteiden ja aurinkosähkön käyttöönoton kannattavuus. Ilmanvaihdon optimoinnista ei tehty kannattavuuslaskelmaa, sillä optimointiin liittyviä kustannuksia ei voitu selvittää. Led-valaistukseen investoiminen osoittautui selvästi kannattavimmaksi energiatehokkuustoimenpiteeksi. Kannattavuuslaskelmassa on oletettu, että investoinnin kustannus syntyy investoinnin aloitushetkellä, eikä muita kustannuksia

ole. Käytännössä kustannuksia voi syntyä yksittäisten lamppujen vaihdoista, mutta huoltokustannusten vaikutus kokonaiskannattavuuteen olisi vähäinen.

Myös uusien kylmälaitteiden ja kansitusten kohdalla otettiin huomioon vain aloitushetkellä syntyvä kustannus. Kylmälaitteiden toimintaa täytyy toisaalta jatkuvasti optimoida (ja laitteita kunnostaa), mutta tämä on jo HOK-Elannolla ulkoistettu erillisille yrityksille. Lisäksi myös nykyiset käytössä olevat kylmälaitteet ja -järjestelmät vaativat huoltotoimenpiteitä. Vanhojen ja uusien laitteiden huoltokustannuksien eroavaisuuksia ei päätetty tarkastella tässä tutkielmassa, sillä niiden selvittäminen olisi ollut haastavaa. Taulukossa 6 on esitetty toimenpiteiden kannattavuusvertailu kolmella eri korkokannalla (2 %, 5 % ja 10 %).

TAULUKKO 6. *Energiatehokkuustoimenpiteiden ja aurinkosähkön kannattavuusvertailu*

Toimenpide	Myymäla- ketju	NPV	EANB	NPV	EANB	NPV	EANB
		r=0,02		r=0,05		r=0,10	
Led-valaistus	Kaikki	5 002 817 €	682 933	3 931 606 €	608 305	2 512 391 €	470 933
	Prismat	2 942 428 €	401 670	4 738 203 €	733 103	4 003 090 €	750 355
	S-marketi	1 029 081 €	140 480	757 858 €	117 257	398 522 €	74 701
	Alepat	1 031 308 €	140 784	786 178 €	121 639	461 412 €	86 489
Kylmälaitokset ja kansitukset	Kaikki	- 38 382 370 €	- 2 987 126	- 39 152 240 €	- 3 772 016	- 41 489 885 €	- 5 454 832
	Prismat	- 8 147 566 €	- 634 088	- 8 755 970 €	- 843 570	- 9 446 890 €	- 1 242 018
	S-marketi	- 12 177 693 €	- 947 735	- 12 222 404 €	- 471 013 731	- 13 162 684 €	- 1 730 548
	Alepat	- 18 057 111 €	- 1 405 303	- 18 173 867 €	- 1 750 912	- 18 880 311 €	- 2 482 266
Aurinkosähkö	Prismat	- 630 586 €	- 38 565	- 956 247 €	- 76 732	- 1 292 459 €	- 151 812

Taulukosta 6 voidaan selvästi huomata led-valaistuksen kannattavuus jokaisella käytetyllä korkokannalla. Kaikista tuottavinta on investoida Prismojen valaistukseen (suurin NPV ja EANB); Alepa- ja S-market -ketjujen kannattavuus on lähes yhtäläinen. Kylmälaitteiden investoinnit osoittautuivat kannattamattomiksi, mutta niihin investoimista täytyy perustella myös muilla kuin energiatehokkuuteen liittyvillä argumenteilla kuten jo todettiin luvussa 6.1. Kylmälaitteiden reilusti negatiiviset nettonykyarvot selittyvät etenkin erittäin korkeilla investointikustannuksilla, mutta hieman myös sillä, että saavutettavana energiansäästönä käytettiin maltillista 10 prosenttia. Myös aurinkosähkön tarkastelu osoitti, ettei investointi nykyisillä hinnoilla

ole kannattava (nettonykyarvo negatiivinen). Seuraavaksi tarkastellaan, minkälaisilla investointikustannuksilla aurinkosähköinvestoinnista tulee kannattava.

Aurinkosähkön käyttöönoton kriittinen piste kannattavuuden näkökulmasta

Aurinkosähkön kannattavuuden tarkastelussa laskettiin, millä investointikustannuksella aurinkosähkön käyttöönotto olisi kannattavaa. Tarkastelujaksona käytettiin 20 vuotta. Tehtyjen laskelmien perusteella voidaan todeta, että investointikustannusten tulee alentua lähes 20 % (300 000 eurosta), jotta investointi olisi parhaimmassa skenaariossa (best-case scenario) kannattava. Tässä tutkimuksessa paras skenaario vastaa 2 prosentin korkotasoa ja 100 € ostosähköhintaa. Parhaimman skenaarion mukaisesti 247 000 euron investointikustannuksella aurinkosähköjärjestelmään kannattaa investoida. Mikäli ostosähkön hinta on alhaisemmalla tasolla, täytyy investointikustannuksen olla tätä alhaisempi, jotta investointi olisi kannattava. Taulukossa 7 on esitetty investointikustannukset ja asennetun kilowatin yksikkökustannukset 9 eri skenaariossa, joissa 20 vuoden ajanjaksolla investoinnin nettonykyarvoksi muodostuu 0 €.

TAULUKKO 7. Herkkyysanalyysi aurinkosähköjärjestelmään investoimisen kannattavuudesta Prisma Tikkurilassa

Diskonttokorko (%)	Sähkön hinta (€/MWh)	Investointikustannus	€/kWp
2	85	209 916 €	1 050 €
	90	222 264 €	1 111 €
	100	246 960 €	1 235 €
5	85	163 393 €	817 €
	90	173 005 €	865 €
	100	192 227 €	961 €
10	85	115 363 €	577 €
	90	122 149 €	611 €
	100	135 721 €	679 €

Muilla kuin 2 prosentin korkotasolla investointikustannuksen täytyy laskea erittäin merkittävästi. Aurinkopaneelien vuosituotto saattaa olla tässä tutkimuksessa käytettyä tuottoa suurempi, mutta sen vaikutus kannattavuuteen on suhteellisen vähäinen.

Myös tämänhetkinen investointikustannus saattaa olla enemmän kuin tässä tutkielmassa käytetty 300 000€. Jos aurinkosähkön vuosittaiseksi tehonalenemaksi oletetaan hieman parempi 0,5 % ja tuottavuudeksi korkeampi 900 kWh/kW_p (Vimpari & Junnila 2017, 1219-122), parhaimmassa skenaariossa 284 000 €:n investointikustannuksella aurinkosähkölaitteisto on kannattava. Näillä oletuksilla päästään hyvin lähelle SolarVoima Oy:n tekemää investointilaskelmaa (300 000€), mutta siihenkään ei ole huomioitu minkäänlaisia epävarmuustekijöitä (kuten sähkön hinnan vaihteluita). Lisäksi missään esitetyissä laskelmissa ei ole otettu huomioon mahdollisia huoltokustannuksia.

Mikäli HOK-Elanto saisi 25 % investointitukea aurinkosähköhankkeeseen, investoinnin kustannus olisi 225 000 € (alkuperäisen kustannusarvion ollessa 300 000 €). Tällöinkin aiemmin esitetyistä skenaarioista vain 2 %:n korkotasolla sekä 100 €:n ostosähkön hinnalla investoinnista muodostuu kannattava. Nettonykyarvoksi muodostuisi noin 22 000 €.

Käytännössä on kuitenkin epätodennäköistä, että yritykset tekisivät investointeja näin pitkällä takaisinmaksuajalla, vaikka sijoitukset lopulta olisivatkin kannattavia. Jotta aurinkosähköinvestoinnin takaisinmaksuajaksi saataisiin 10 vuotta tai vähemmän, pitäisi investointikustannusten alentua vähintään 50 %. Toisaalta S-ryhmän vastuullisuusstrategiassa mainitaan, että tulevana vuosina investoidaan sekä tuuli- että aurinkoenergiaan, jolloin näistä ratkaisuista saatavia hyötyjä tulee tarkastella myös muista kuin taloudellisista näkökulmista. Esimerkiksi Virtanen ja Tuomaala (2011) ehdottavat, että energiatehokkuuteen investoimista tulisi tarkastella sekä strategisesta että taloudellisesta näkökulmasta.

6.3. Vähittäismyyntikauppaketjujen tavoiteltavat energiatehokkuustasot

Luvuissa 6.1 ja 6.2 tarkasteltiin energiatehokkuustoimenpiteiden tuomia hyötyjä ja kannattavuutta. Tässä luvussa esitetään suosituksia toimenpiteiden priorisoinnista ja perustellaan, mitkä energiatehokkuustoimenpiteet on huomioitu tavoiteltavien energiatehokkuustasojen laskennassa.

Led-valaistukseen investoiminen osoittautui kustannustehokkaimmaksi tavaksi parantaa myymälöiden energiatehokkuutta. Valaistuksen uusimisella saavutetaan huomattavan paljon energiankulutuksen vähentymistä. Lisäksi kannattavuustarkastelu osoitti, että 8 vuoden tarkastelujaksolla investointien nettonykyarvot olivat reilusti positiivisia. Tämän takia led-valaistukseen investoimista suositellaan ensimmäiseksi toteutettavaksi energiatehokkuustoimenpiteeksi.

Hiilidioksidilla toimivien kylmälaitosten ja kansitusten kannattavuustarkastelu puolestaan osoitti, että investoinnit eivät ole 15 vuoden tarkastelujaksolla kannattavia. Tämän takia niihin investoimista pelkästään energiatehokkuustoimenpiteenä ei suositella. Kylmälaitosten uusimisen ja kylmälaitteiden kansien asentamisten tuomat energiansäästöt on kuitenkin huomioitu tavoiteltavien energiatehokkuustasojen laskennassa, sillä F-kaasuasetuksen myötä vähittäismyyntikauppojen on pakollista vaihtaa nykyiset kylmäaineet alhaisemman GWP-kertoimen kylmäaineisiin. Tämän tutkielman tulosten perusteella suositellaan, että uusia kylmälaiteinvestointeja tehdessä huomioidaan olemassa olevien laitteiden tekniset ja taloudelliset käyttöiät. Uusia laiteinvestointeja tulisi tehdä sitä mukaa, kun todellisia uusimistarpeita esiintyy, kuitenkin ottaen huomioon F-kaasuasetuksen asettaman määräajan R404A-kylmäaineen käytölle. Kylmäkalusteiden kansien asentamista samanaikaisesti CO₂-laitosinvestointien yhteydessä suositellaan harkitsemaan, sillä niillä on positiivinen vaikutus kylmälaitteiden energiankulutusten pienentymiseen.

Ilmanvaihdon optimoinnilla saatavat hyödyt jäivät melko vähäisiksi. Lisäksi optimointia monimutkaistavat lämmitysjärjestelmä (ilmalämmitteisyys), ylimitoitettut ilmanvaihtokoneet sekä ilmanvaihdon merkitys myymälän sisäilmaston laatuun. Ilmanvaihdon energiansäästöpotentiaalin tarkastelu olisi hyvä tehdä jokaiseen myymälään erikseen, jotta voidaan ottaa huomioon kaikki siihen vaikuttavat tekijät. HOK-Elannolta saatujen tietojen mukaan nykyiset ilmanvaihtokoneet ovat reilusti ylimitoitettuja, minkä takia niitä ei välttämättä pystytä käyttämään niin pienillä tehoilla, että merkittävää energiansäästöä syntyisi. Koska ilmanvaihdon optimoinnista saatavan hyödyn toteutuminen on epävarmaa, se päätettiin jättää pois tavoiteltavien energiatehokkuustasojen laskennasta.

Tavoiteltavien energiatehokkuustasojen laskennassa ei myöskään huomioitu aurinkosähkön käyttöönottoa, sillä tällä hetkellä vaikuttaa siltä, että aurinkosähkөөn investoiminen ei ole taloudellisesti kannattavaa. Mikäli investointikustannukset tippuvat nykyisistä tai investointiin saadaan esimerkiksi työ- ja elinkeinoministeriön uusiutuvan energian tukea, kannattaa aurinkosähkөөn investoimista tarkastella uudelleen.

Taulukossa 8 on esitetty led-valaistuksen ja uusien kylmlaitteiden sekä niihin tehtävien kansitusten vaikutus eri vähittäismyyntikauppaketjujen energiatehokkuustasoon. EEI (baseline) kuvaa vuoden 2009 energiatehokkuustasoa, jota voidaan pitää myymälöiden energiatehokkuuden lähtötasona. EEI (nykyinen) puolestaan kuvaa vuoden 2016 energiatehokkuustasoa ja EEI (tavoiteltava) sitä tasoa, jota voidaan tässä kappaleessa mainittujen toimenpiteiden avulla tavoitella. Muutosprosentti ilmaisee prosentuaalisen muutoksen eri ajankohtien välillä – kumulatiivinen muutos puolestaan kuvaa prosentuaalista kokonaismuutosta vuodesta 2009.

TAULUKKO 8. Vähittäismyyntikauppaketjujen energiatehokkuustasojen kehitys

	Alepa	Muutos-%	S-market	Muutos-%	Prisma	Muutos-%
EEI (baseline), kWh/m ²	583		481		400	
EEI (nykyinen), kWh/m ²	455	21,9 %	352	26,8 %	292	27,1 %
EEI (tavoiteltava), kWh/m ²	359	21,0 %	283	19,7 %	209	28,2 %
Muutos-% (kum)		38,4 %		41,2 %		47,7 %

Led-valaistukseen siirtymisellä ja kylmäjärjestelmiin ja -laitteisiin tehtävillä muutoksilla parannettaisiin Alepoiden energiatehokkuustasoa nykyisestä noin 21 %, S-markettien 20 % ja Prismojen 28 %. HOK-Elannon asettaman tavoitteen mukaisesti energiankäyttöä tulisi tehostaa 30 % vuoden 2009 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Tavoitteeseen pääseminen vaatii vuosittaista energiansäästöä vielä noin 15,4 GWh, mikä on saavutettavissa pelkästään valaistuksen led-teknologiaan siirtymisellä. Mikäli tässä luvussa perustellut energiatehokkuustoimenpiteet toteutetaan, energiatehokkuustasot tulevat olemaan kumulatiivisesti parantuneet noin 38 % Alepa-ketjussa, 41 % S-market -ketjussa ja 48 % Prisma-ketjussa.

7. Johtopäätökset

Tässä tutkielmassa oli tarkoituksena selvittää HOK-Elannon vähittäismyyntikauppojen tavoiteltavat energiatehokkuustasot. Aineiston luokittelu pohjautui kolmeen HOK-Elannon myymäläketjuun (Alepat, S-marketit ja Prismat). Tavoiteltavien energiatehokkuustasojen selvittämiseksi tutkittiin muutamia energiatehokkuustoimenpiteitä, jotka valittiin kirjallisuudesta ja HOK-Elannolta saatujen tietojen perusteella. Tutkielman rajausta asetettiin siten, että tarkastelussa oli vain sähköenergian käyttöä vähentäviä toimenpiteitä. Kyseisiin toimenpiteisiin kuuluivat led-valaistuksen käyttöönotto, hiilidioksidilla toimivat kylmäjärjestelmät ja kylmäkalusteisiin asennettavat kannet sekä ilmanvaihdon optimointi. Lisäksi tutkittiin milloin aurinkosähkön käyttöönotto voisi olla taloudellisesti kannattavaa HOK-Elannon kiinteistöissä, sillä uusiutuvan energian hyödyntäminen on yksi tärkeimmistä teemoista nykypäivän ilmasto- ja energiapolitiikassa.

Toimenpiteiden kannattavuuden arviointi osoitti, että valaistuksen led-teknologiaan siirtyminen on kannattavaa jokaisessa kolmessa vähittäismyyntikauppaketjussa. Uusiin kylmälaitejärjestelmiin investoiminen on sen sijaan erittäin kannattamatonta korkeiden investointikustannusten takia. Kuitenkin F-kaasuasetuksen myötä uuteen kylmätekniikkaan on välttämätöntä investoida, ja lisäksi kylmlaitteet ovat olennainen osa vähittäismyyntikaupan liiketoimintaa. Ilmanvaihdon optimoinnilla saadaan muihin toimenpiteisiin nähden marginaalisia säästöjä. Tämä tulos johtui osittain siitä, että tarkastelussa oli mukana vain osa HOK-Elannon kiinteistökohteista. Ilmanvaihdon optimointia olisi tarpeellista tarkastella toimipaikkakohtaisesti, jotta voitaisiin ottaa paremmin huomioon kaikki siihen vaikuttavat tekijät (kuten lämmöntalteenottoratkaisut ja myymälän sisäilmasto-olosuhteet). Ilmanvaihdon optimoinnista saatavia hyötyjä ei huomioitu tavoiteltavien energiatehokkuustasojen laskennassa, sillä hyötyjen toteutuminen käytännössä vaikutti epävarmalta. Aurinkosähkön käyttöönotto osoittautui kannattavaksi, mikäli investointikustannukset tippuisivat 20 prosenttia. Tällöinkin investoinnin takaisinmaksuaika pysyy pitkänä, mutta yrityksen omaan harkintaan jää, arvioiko se aurinkosähkön hyötyjä myös muista kuin taloudellisista näkökulmista.

Energiatehokkuus ei liity vähittäismyyntikaupan toimialan ydinprosesseihin. Tämän takia energiatehokkuuteen investoiminen voi olla toissijaista tärkeämpien tavoitteiden (kuten asiakasnäkökulman ja myynnin edistämisen) ohella. Jotta investointihalukkuutta syntyisi, täytyy investointeihin johtavien kannustimien olla tiedossa. Usein riittävänä kannustimena toimii säästö energiakustannuksissa mutta joskus myös yrityksen vihreän imagon kohentaminen. Energiatehokkuustyön kannalta on tärkeää myös ylläpitää toimivaa energianhallintajärjestelmää, joka toimii energiatehokkuustoimenpiteiden toteuttamisen lähtökohtana. Energianhallintaa ei tässä tutkielmassa pohdittu syvällisesti, mutta esille tuotiin raportoinnin ja kulutusseurannan tärkeys. Ilman jatkuvaa energiankulutuksen seurantaa on haastavaa tunnistaa kehittämiskohteita tai ylläpitää olemassa olevia toimintoja. Kulutusseurannan lisäksi kehittämiskohteita voidaan tunnistaa seuraamalla tekniikan kehittymistä. Tulevaisuudessa tullaan todennäköisesti hyödyntämään esimerkiksi ilmanvaihdon osalta erilaisia anturi- ja kameratekniikoita. Valaistuksessa puolestaan saattaa yleistyä älykäs valaistuksen ohjaus.

Tähän tutkielmaan asetti rajoituksia aineiston suuri koko sekä joiltain osin myös aineiston puute. Tarkempia energiansäästötavoitteita pystyttäisiin asettamaan, mikäli ne tehtäisiin myymäläkohtaisesti. Tällöin myymälän toimintoja voitaisiin tutkia perusteellisemmin ja keskittyä myös sellaisiin toimenpiteisiin, joista saatavien hyötyjen laskeminen aggregaattitasolla olisi erittäin työlästä. Tällaisiin toimenpiteisiin voisivat kuulua esimerkiksi valaistuksen aikaohjauksien täsmentäminen ja kylmälaitteiden sulatusten optimointi. Toisin sanoen tässä tutkielmassa tarkasteltiin HOK-Elannon vähittäismyyntikauppojen energiatehokkuuden kannalta keskeisiä toimenpiteitä, joiden toteuttamisen jälkeen energiatehokkuuden parantamiseen vaaditaan yksityiskohtaisempaa tarkastelua. Ominaiskulutusten ja pinta-alojen välisen korrelaation tutkiminen osoitti, että myymälöiden energiatehokkuuksien tasoja ei ole mielekäästä verrata keskenään. Tämäkin johtopäätös antaa mahdollisuuden päätellä, että parhaimpaan lopputulokseen päästään, kun energiansäästöpotentiaalia tutkitaan myymäläkohtaisesti.

Vaikka HOK-Elannolla energiatehokkuusasioihin kiinnitetään paljon huomiota, helpottaisi entistäkin perusteellisempi kulutusseurannan mittaus

energiatehokkuustoimenpiteiden vaikuttavuuden arviointia. Tässä tutkielmassa jouduttiin tekemään jonkun verran yleistäviä oletuksia sekä laskennallista arviointia myymälöiden eri toimintojen energiankulutuksista. Lisäksi tutkimustuloksiin vaikutti myymäläsaliin pinta-alatietojen puute, koska niiden tilalla käytettiin saatavilla olleita bruttopinta-aloja. Esimerkiksi kylmäkoneiden energiankulutuksen intensiteettiä kuvaisi paremmin kulutuksen suhde myymäläsaliin pinta-alaan kuin kulutuksen suhde kokonaispinta-alaan, sillä suurin osa kylmälaitteista sijaitsee myymälätiloissa.

Tämän tutkielman tulosten perusteella voidaan todeta, että HOK-Elannon asettama energiansäästötavoite vuodelle 2020 on saavutettavissa, sillä tavoitteeseen pääsyyn tarvittavat toimenpiteet ovat tiedossa. Investointitahdin tulisi kuitenkin kiihtyä, jotta tavoite voidaan saavuttaa haluttuun vuoteen mennessä. Mikäli myymälöihin investoidaan sekä uudet led-valaisimet että uudet kylmäjärjestelmät, tippuisi Alepa-ketjun keskimääräinen ominaiskulutus nykyisestä tasosta 21 %, S-market -ketjun 20 % ja Prisma-ketjun 28 %. Tavoiteltavat energiatehokkuustasot olisivat siis järjestyksessä 359, 283 ja 209 kWh/m². Vuosittaista energiansäästöä muodostuisi 26,5 GWh ja taloudellista hyötyä 2,3 miljoonaa euroa. Mikäli HOK-Elannon tulisi tavoitella S-ryhmän asettamaa tavoitetta vuodelle 2030, jossa energiatehokkuutta parannetaan 30 % vuoden 2015 tasosta, ei siihen päästäisi pelkästään tässä tutkielmassa mainituilla toimenpiteillä (mukaan lukien ilmanvaihdon optimointi ja aurinkosähkö). S-ryhmän tavoitteen täyttyminen vaatisi HOK-Elannolta tässä työssä laskettujen energiatehokkuustoimenpiteiden lisäksi vielä yli 20 GWh:n suuruista lisäsäästöä. Tämän tutkielman jälkeen olisi luontevaa tarkastella lämpöenergian säästömahdollisuuksia sekä energiatehokkuustasoa vähittäismyyntikauppojen lisäksi myös muilla toimialoilla.

Lähteet

- Arteconi A., Brandoni C., & Polonara F. (2009). Distributed generation and trigeneration: Energy saving opportunities in Italian supermarket sector. *Applied Thermal Engineering*, vol. 29, pp. 1735-1743.
- Bahman A., Rosario L. & Rahman M.M. (2012). Analysis of energy savings in a supermarket refrigeration/HVAC system. *Applied Energy*, vol. 98, pp. 11-21.
- Bakar N.N.A., Hassan M.Y., Abdullah H., Rahman H.A., Abdullah M.P., Hussin F., Bandi M. (2015). Energy efficiency index as an indicator for measuring building energy performance: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 44, pp. 1-11.
- Christoffersen L.B, Larsen A. & Togeby M. (2006). Empirical analysis of energy management in Danish industry. *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, pp. 516-526.
- DIRECTIVE 2009/125/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of 62 co-design requirements for energy-related products (recast). Official Journal of the European Union, L285. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0125&from=FI>
- DIRECTIVE 2010/30/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by energy-related products (recast). Official Journal of the European Union, L153. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0030&from=fi>
- EED DIRECTIVE 2012/27/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. Official Journal of the European Union, L 315. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=EN>
- EED Vuosiraportti 2016 (25.4.2016). Energiatohokkuusdirektiivin (2012/27/EU) artiklan 24 (1) mukainen raportointi Euroopan komissiolle. Viitattu 8.5.2017. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/FI%202016%20Energy%20Efficiency%20Annual%20Report_fi.pdf
- Emmerich S. & Persily A. (1997). Literature Review on CO₂-Based Demand-Controlled Ventilation. *ASHRAE Transactions*, vol. 103, pp. 229-243.
- EPBD, DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of

the European Union, L153. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=EN>

EU N:o 517/2014. EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EU) N:o 517/2014, annettu 16 päivänä huhtikuuta 2014, fluoratuista kasvihuonekaasuista ja asetuksen (EY) N:o 842/2006 kumoamisesta. Euroopan Unionin virallinen lehti, L 150/195.

http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=OJ:JOL_2014_150_R_0008&from=EN

Euroopan komissio (2016a). Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 2012/27/EU on energy efficiency, COM/2016/0761 final – 2016/0376 (COD). Viitattu 4.4.2017.

http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:efad95f3-b7f5-11e6-9e3c-01aa75ed71a1.0009.02/DOC_1&format=PDF

Euroopan komissio (2016b). Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings, COM/2016/765 final – 2016/0381 (COD). Viitattu 16.5.2017.

http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:4908dc52-b7e5-11e6-9e3c-01aa75ed71a1.0023.02/DOC_1&format=PDF

Fricke B. & Becker B. (2010). Energy use of doored and open vertical refrigerated display cases. International Refrigeration and Air Conditioning Conference. Paper 1154.

Galvez-Martos J-L., Styles D. & Schönberger H. (2013a). Identified best environmental management practices to improve the energy performance of the retail trade sector in Europe. Energy Policy vol. 63, pp. 982-994.

Ge Y.T & Tassou S.A (2011). Performance evaluation and optimal design of supermarket refrigeration systems with supermarket model "SuperSim". Part II: Model applications. International Journal of Refrigeration, vol. 34, pp. 540-549.

Herring H. (2006). Energy efficiency—a critical view. Energy, vol. 31, pp. 10-20.

IEA (2016). Energy efficiency market report 2016. OECD/IEA, France. Viitattu 4.4.2017, <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/mediumtermenergyefficiency2016.pdf>

Kaupan alan toimenpideohjelma (14.10.2016). Viitattu 8.5.2017. <http://www.energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/wp-content/uploads/Kaupan-ala-Elinkeinoelama-palveluala-1.pdf>

- Kuutti J., Blomqvist K. & Sepponen R. (2014). Evaluation of Visitor Counting Technologies and Their Energy Saving Potential through Demand-Controlled Ventilation. *Energies*, vol. 7, pp. 1685-1705.
- Lang T., Ammann D. & Girod B. (2016). Profitability in absence of subsidies: A techno-economic analysis of rooftop photovoltaic self-consumption in residential and commercial buildings. *Renewable Energy*, vol. 87, pp. 77-87.
- Marszal A.J., Heiselberg P., Bourrelle J.S., Musall E., Voss K., Sartori I. & Napolitano A. (2011). Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies. *Energy and Buildings* (2011), vol. 43, issue 4, pp. 971–979.
- Motiva 2017a. Energiatehokkuussopimukset ja toimenpideohjelmat. Päivitetty 3.2.2017. Haettu 8.5.2017. Saatavilla: <http://www.energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/energiatehokkuussopimukset/#sopimukset-ja-toimenpideohjelmat>
- Motiva 2017b. Energiatehokkuussopimukset. Päivitetty 3.2.2017. Haettu 5.5.2017. <http://www.energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/energiatehokkuussopimukset/>
- Motiva 2017c. Palvelusektorin ominaiskulutuksia. Päivitetty 11.1.2017. Haettu 31.5.2017. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/palvelusektorin_ominaiskulutuksia
- Motiva 2017d. CO₂-päästökertoimet. Päivitetty 24.7.2017. Haettu 9.8.2017. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet
- NEEAP-3 (2014). Finland's National Energy Efficiency Action Plan, 29 April 2014. Report pursuant to Article 24(2) of the Energy Efficiency Directive (2012/27/EU) to the European Commission. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_neeap_en_finland.pdf
- NEEAP-4 (2017). Suomen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma, 28.4.2017. Energiatehokkuusdirektiivin (2012/27/EU) artiklan 24 (2) mukainen raportointi Euroopan komissiolle. https://www.motiva.fi/files/12745/Suomen_neljas_kansallinen_energiatehokkuuden_toimintasuunnitelma_NEEAP-4.pdf
- Ochieng E.G., Jones N., Price A.D.F, Ruan X., Egbu C.O., Zuofa T. (2014). Integration of energy efficient technologies in UK supermarkets. *Energy Policy*, vol. 67, pp. 388-393.
- Patterson M. G (1996). What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues. *Energy Policy*, vol. 24 (5), pp. 377-390.

- Päivittäistavarakauppa ry. Kaupan toiminta, Myymälätyypit. Viitattu 3.7.2017.
<http://www.ptv.fi/kaupan-toiminta/myymalatyyppit/>
- Rhiemeier J-M., Harnisch J., Ters C., Kauffeld M. & Leisewitz A. (2009). Comparative Assessment of the Climate Relevance of Supermarket Refrigeration Systems and Equipment, Research Report 206 44 300. Federal Environment Agency (Umweltbundesamt). Saatavilla:
<http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3743.pdf>
- Schleich J. & Gruber E. (2008). Beyond case studies: Barriers to energy efficiency in commerce and the services sector. *Energy Economics*, vol. 30, pp. 449-464.
- Schönberger H., Galvez-Martos J-L. & Styles D. (2013b). Best Environmental Management Practice in the Retail Trade Sector. European Commission. JRC Scientific Policy Reports, Luxembourg: Publications Office of the European Union. Saatavilla:
<http://susproc.jrc.ec.europa.eu/activities/emas/documents/RetailTradeSector.pdf>
- Sharma V., Fricke B. & Bansal P. (2014). Comparative analysis of various CO₂ configurations in supermarket refrigeration systems. *International Journal of Refrigeration*, vol. 46, pp. 86-99.
- Silva A., Filho E.P.B & Antunes A.H.P (2012). Comparison of a R744 cascade refrigeration system with R404A and R22 conventional systems for supermarkets. *Applied Thermal Engineering*, vol. 41, pp. 30-35.
- Singh G.K (2013). Solar power generation by PV (photovoltaic) technology: A review. *Energy*, vol. 53, pp. 1-13.
- Suomen kylmäyhdistys ry (2008). Kylmäainetilanne 2008. Saatavilla:
<http://www.skll.fi/yhdistys/www/att.php?type=2&id=37>
- Tassou S.A., Ge Y., Hadawey A. & Marriott D. (2011). Energy consumption and conservation in food retailing. *Applied Thermal Engineering*, vol. 31, pp. 147-156.
- TEM (Työ- ja elinkeinoministeriö) (2017). Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia, 4/2017. Helsinki.
http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul_4_2017_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1
- Tilastokeskus. Energian hankinta ja kulutus [verkkojulkaisu]. 4. vuosineljännes 2016. Julkaistu 23.3.2017. Viitattu 6.4.2017.
http://www.stat.fi/til/ehk/2016/04/ehk_2016_04_2017-03-23_tie_001_fi.html
- Tol R. (2011). The Social Cost of Carbon. *Annual Review of Resource Economics*, vol. 3 (2011), pp. 419-443.

- Turner K. & Hanley N. (2011). Energy efficiency, rebound effects and the environmental Kuznets Curve. *Energy Economics*, vol. 33 (2011), pp. 709-720.
- UN (2015). Paris Agreement. Viitattu 11.4.2017. http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf
- UNEP (2017). Treaties and Decisions, The Montreal Protocol on substances that deplete the ozone layer. Viitattu 13.9.2017. <http://ozone.unep.org/en/treaties-and-decisions/montreal-protocol-substances-deplete-ozone-layer>
- UNFCCC. Paris Agreement - Status of Ratification. Viitattu 13.9.2017. http://unfccc.int/paris_agreement/items/9444.php
- Valtonen K. (2013). Elintarvikemyymälän ilmanvaihdon mitoituskäytännön muuttaminen. Projektityö, Aalto University Professional Development – Aalto PRO.
- Vimpari J. & Junnila S. (2017). Evaluating decentralized energy investments: Spatial value of on-site PV electricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 70, pp. 1217-1222.
- Virtanen T. & Tuomaala M. (2011). Energiatehokkuuden huomioiminen investoinneissa. *Liiketaloudellinen aikakauskirja*, vol. 60, pp. 87-91.
- VTT (2015). The role and opportunities for solar energy in Finland and Europe. VTT Technology 217. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2015/T217.pdf>
- Ympäristöministeriö (2015). D3 laskentaopas, Valaistuksen tehontiheyden ja tarpeenmukaisuuden erillistarkastelut E-luvun laskennassa RakMK D3 2012 mukaan. https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d3_laskentaopas_2015.pdf
- Ympäristöministeriö (2016). Valmisteilla olevat rakentamismääräykset. Päivitetty 10.1.2017. Viitattu 10.8.2017. Saatavilla: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskok_oelma/Valmisteilla_olevat
- Ympäristöministeriön asetus rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta, D2 (2012). Annettu Helsingissä 30 päivänä maaliskuuta 2011. Saatavilla: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskok_oelma/Terveellisyys

Liitteet

Liite 1. Tutkimuksessa mukana olleet myymälät.

Paikkakunta	Alepa-ketju	Pinta-ala (m²)
<i>Espoo</i>	Alepa Mankkaa	625
<i>Espoo</i>	Alepa Matinkylä	1 439
<i>Espoo</i>	Alepa Suvela	482
<i>Espoo</i>	Alepa Leppävaara	596
<i>Espoo</i>	Alepa Soukka	1 043
<i>Espoo</i>	Alepa Kirstintie	751
<i>Espoo</i>	Alepa Otaniemi	291
<i>Espoo</i>	Alepa Karakallio	705
<i>Espoo</i>	Alepa Laajalahti	619
<i>Espoo</i>	Alepa Kivenlahti	724
<i>Espoo</i>	Alepa Viherlaakso	1 195
<i>Espoo</i>	Alepa Lintuvaara	846
<i>Espoo</i>	Alepa Kilo	351
<i>Espoo</i>	Alepa Tuomarila	N/A
<i>Espoo</i>	Alepa Westend	345
<i>Espoo</i>	Alepa Joosepinkuja	409
<i>Helsinki</i>	Alepa Paloheinä	1 046
<i>Helsinki</i>	Alepa Erätori	861
<i>Helsinki</i>	Alepa Kamppi	427
<i>Helsinki</i>	Alepa Kruununhaka	310
<i>Helsinki</i>	Alepa Maunula	405
<i>Helsinki</i>	Alepa Koskela	534
<i>Helsinki</i>	Alepa Tapanila	775
<i>Helsinki</i>	Alepa Hämeentie	640
<i>Helsinki</i>	Alepa Asematunneli	1 165
<i>Helsinki</i>	Alepa Katajanokka	337
<i>Helsinki</i>	Alepa Kannelmäki	343
<i>Helsinki</i>	Alepa Porvoonkatu	354
<i>Helsinki</i>	Alepa Pohjois-Haaga	580
<i>Helsinki</i>	Alepa Hesperiankatu	306
<i>Helsinki</i>	Alepa Pohjolankatu	344
<i>Helsinki</i>	Alepa Vallila	327
<i>Helsinki</i>	Alepa Viikki	384
<i>Helsinki</i>	Alepa Kontulankaari	422
<i>Helsinki</i>	Alepa Sturenkatu 27	757
<i>Helsinki</i>	Alepa Kallio	618
<i>Helsinki</i>	Alepa Pasilanraitio	638

(jatkuu)

Liite 1 (jatkuu)

<i>Helsinki</i>	Alepa Perämiehenkatu	499
<i>Helsinki</i>	Alepa Sturenkatu 40	461
<i>Helsinki</i>	Alepa Vartiokylä	771
<i>Helsinki</i>	Alepa Ullanlinna	405
<i>Helsinki</i>	Alepa Munkkiniemen Puistotie	914
<i>Helsinki</i>	Alepa Munkkiniemi	369
<i>Helsinki</i>	Alepa Herttoniemi	584
<i>Helsinki</i>	Alepa Pukinmäki	781
<i>Helsinki</i>	Alepa Viiskulma	437
<i>Helsinki</i>	Alepa Runeberginkatu	260
<i>Helsinki</i>	Alepa Pikku Huopalahti	598
<i>Helsinki</i>	Alepa Käpylä	614
<i>Helsinki</i>	Alepa Iso Roobertinkatu	455
<i>Helsinki</i>	Alepa Helsinginkatu	1 155
<i>Helsinki</i>	Alepa Mannerheimintie	646
<i>Helsinki</i>	Alepa Kisahalli	683
<i>Helsinki</i>	Alepa Töölöntori	320
<i>Helsinki</i>	Alepa Viherniemenkatu	292
<i>Helsinki</i>	Alepa Eliel	931
<i>Helsinki</i>	Alepa Kulosaari	549
<i>Helsinki</i>	Alepa Sitratori	601
<i>Helsinki</i>	Alepa Puistola	591
<i>Helsinki</i>	Alepa Pihlajisto	592
<i>Helsinki</i>	Alepa Vuosaari	537
<i>Helsinki</i>	Alepa Caloniuksenkatu	455
<i>Helsinki</i>	Alepa Roihuvuori	1 125
<i>Helsinki</i>	Alepa Malminkartano	593
<i>Helsinki</i>	Alepa Puotinharju	864
<i>Helsinki</i>	Alepa Tapaninkylä	803
<i>Helsinki</i>	Alepa Lentoasema	447
<i>Helsinki</i>	Alepa Liisankatu	306
<i>Helsinki</i>	Alepa Ruoholahdenkatu	550
<i>Helsinki</i>	Alepa Kluuvi	422
<i>Helsinki</i>	Alepa Forum	495
<i>Helsinki</i>	Alepa Siltamäki	443
<i>Helsinki</i>	Alepa Aurinkolahti	360
<i>Helsinki</i>	Alepa Lehtisaari	156
<i>Helsinki</i>	Alepa Pajamäki	323
<i>Helsinki</i>	Alepa Puotila	662
<i>Helsinki</i>	Alepa Wallininkuja	314
<i>Helsinki</i>	Alepa Jollas	454
<i>Helsinki</i>	Alepa Kuusitie	222
<i>Helsinki</i>	Alepa Pietarinkatu	306
<i>Helsinki</i>	Alepa Vihdintie	217

(jatkuu)

Liite 1 (jatkuu)

<i>Helsinki</i>	Alepa Kalasatama	339
<i>Helsinki</i>	Alepa Kampin keskus	451
<i>Helsinki</i>	Alepa Tuomarinkylä	810
<i>Helsinki</i>	Alepa Vuosaaren Satama	2 090
<i>Helsinki</i>	Alepa Mechelininkatu	478
<i>Hyvinkää</i>	Alepa Hyvinkää	580
<i>Hyvinkää</i>	Alepa Peltokuumolantie	2 166
<i>Järvenpää</i>	Alepa Pellonkulma	720
<i>Kerava</i>	Alepa Metsolantie	395
<i>Kerava</i>	Alepa Kaleva	444
<i>Klaukkala</i>	Alepa Klaukkala	450
<i>Klaukkala</i>	Alepa Haikala	546
<i>Tuusula</i>	Alepa Riihikallio	697
<i>Vantaa</i>	Alepa Länsimäki	393
<i>Vantaa</i>	Alepa Kuulakuja	449
<i>Vantaa</i>	Alepa Rajatorppa	952
<i>Vantaa</i>	Alepa Hiekkaharju	566
<i>Vantaa</i>	Alepa Nissas	942
<i>Vantaa</i>	Alepa Koivukylän Puistotie	798
<i>Vantaa</i>	Alepa Kartanonkoski	705
<i>Vantaa</i>	Alepa Mikkola	354
<i>Vantaa</i>	Alepa Päiväkumpu	454
<i>Vantaa</i>	Alepa Havukoski	N/A
<i>Vantaa</i>	Alepa Ilola	1 654
<i>Vantaa</i>	Alepa Kivistö	N/A
<i>Vantaa</i>	Alepa Viertola	354
	n=107	
Paikkakunta	S-Market -ketju	Pinta-ala (m²)
<i>Espoo</i>	S-market Olari	2 859
<i>Espoo</i>	S-market Espoon keskus	4 254
<i>Espoo</i>	S-market Kivenlahdentie	3 765
<i>Espoo</i>	S-market Malminmäki	1 930
<i>Espoo</i>	S-market Juvankartano	1 595
<i>Espoo</i>	S-market Pohjois-Tapiola	1 638
<i>Espoo</i>	S-market Lähderanta	2 863
<i>Espoo</i>	S-Market Nihtisilta	3 452
<i>Espoo</i>	S-Market Karaportti	6 434
<i>Espoo</i>	S-Market Saunalahti	4 773
<i>Helsinki</i>	S-market Vallila	3 167
<i>Helsinki</i>	S-market Columbus	3 165
<i>Helsinki</i>	S-market Pitäjänmäki	3 116
<i>Helsinki</i>	S-market Torpparinmäki	1 111
<i>Helsinki</i>	S-market Sokos Helsinki	2 149

(jatkuu)

Liite 1 (jatkuu)

<i>Helsinki</i>	S-market Munkkivuori	1 174
<i>Helsinki</i>	S-market Arabia	2 063
<i>Helsinki</i>	S-market Kasarmitori	1 452
<i>Helsinki</i>	S-market Bulevardi	3 612
<i>Helsinki</i>	S-market Ympyrätalo	3 230
<i>Helsinki</i>	S-market Vuosaari	N/A
<i>Helsinki</i>	S-market Lauttasaari	1 627
<i>Helsinki</i>	S-market Jakomäki	2 401
<i>Helsinki</i>	S-market Pihlajamäki	1 428
<i>Helsinki</i>	S-market Itäkeskus	1 961
<i>Helsinki</i>	S-market Vaasanhalli	1 120
<i>Helsinki</i>	S-market Pakila	4 660
<i>Helsinki</i>	S-market Itälahdenkatu	2 238
<i>Helsinki</i>	S-market Meri-Rastila	1 500
<i>Helsinki</i>	S-market Lassila	1 056
<i>Helsinki</i>	S-Market Malmi	6 805
<i>Helsinki</i>	S-market Myllypuro	1 366
<i>Helsinki</i>	S-Market Maunula	2 891
<i>Helsinki</i>	S-Market Konala	3 420
<i>Helsinki</i>	S-Market Tullinpuomi	1 269
<i>Helsinki</i>	S-Market Oulunkylä	1 117
<i>Järvenpää</i>	S-market Järvenpää	2 372
<i>Klaukkala</i>	S-market Klaukkala	2 175
<i>Mäntsälä</i>	S-market Mäntsälä	6 510
<i>Nurmijärvi</i>	S-market Nurmijärvi	3 364
<i>Rajamäki</i>	S-market Rajamäki	999
<i>Tuusula</i>	S-market Tuusula	4 300
<i>Tuusula</i>	S-Market Jokela	2 135
<i>Vantaa</i>	S-market Hakunila	1 204
<i>Vantaa</i>	S-market Korso	10 348
<i>Vantaa</i>	S-market Myyrmanni	2 137
<i>Vantaa</i>	S-market Kontula	1 571
<i>Vantaa</i>	S-market Koivukylä	3 300
<i>Vantaa</i>	S-market Kaivoksela	4 074
<i>Vantaa</i>	S-market Korson asema	2 300
<i>Vantaa</i>	S-Market Dixi/Tikkurila	1 965
<i>Vantaa</i>	S-Market Martinlaakso	2 234
	n=52	
Paikkakunta	Prisma-ketju	Pinta-ala (m²)
<i>Espoo</i>	Prisma Sello	15 143
<i>Espoo</i>	Prisma Iso-Omena	10 465
<i>Espoo</i>	Prisma Olari	9 094

(jatkuu)

Liite 1 (jatkuu)

<i>Helsinki</i>	Prisma Malmi	4 271
<i>Helsinki</i>	Prisma Viikki	11 211
<i>Helsinki</i>	Prisma Itäkeskus	12 569
<i>Helsinki</i>	Prisma Kannelmäki	22 731
<i>Hyvinkää</i>	Prisma Hyvinkää	12 065
<i>Järvenpää</i>	Prisma Järvenpää	10 538
<i>Kerava</i>	Prisma Kerava	10 569
<i>Vantaa</i>	Prisma Tikkurila	7 679
<i>Vantaa</i>	Prisma Jumbo	14 991
	n=12	

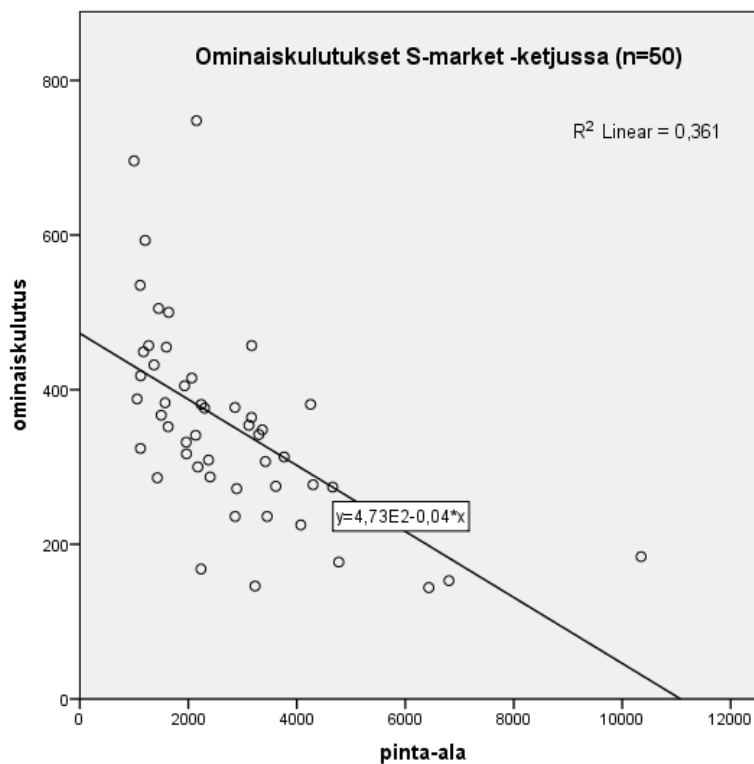
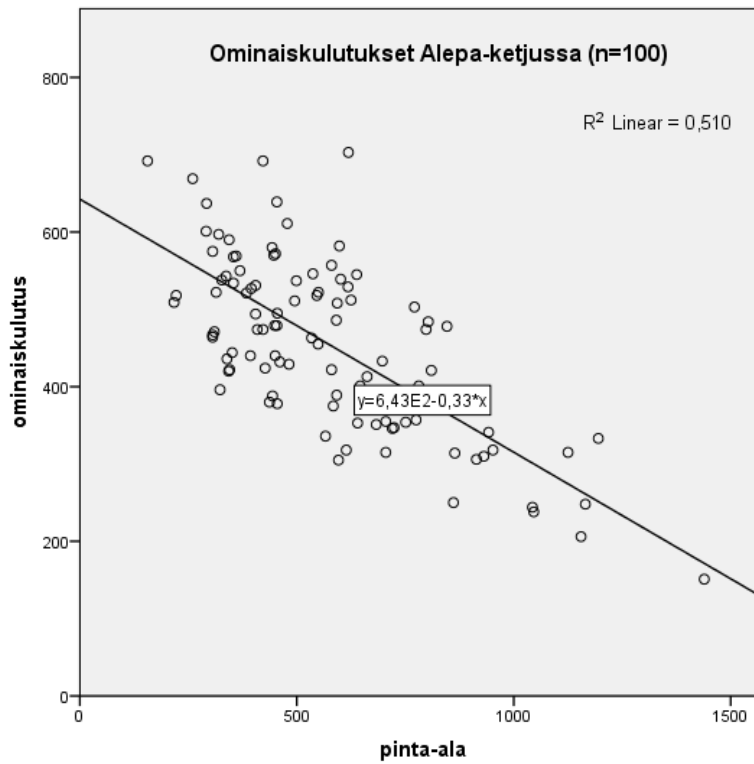
Liite 2. Ilmanvaihdon tarkastelussa käytetyt asiakasmäärät.

	S-marketit			Alepat
	Esimerkki 1	Esimerkki 2	Esimerkki 3	
Kello	Asiakkaiden lukumäärä			
06:00-07:00	0	0	0	10
07:00-08:00	39	69	19	33
08:00-09:00	68	103	34	59
09:00-10:00	94	156	47	62
10:00-11:00	125	210	63	59
11:00-12:00	193	271	96	67
12:00-13:00	206	268	103	98
13:00-14:00	202	279	101	84
14:00-15:00	208	287	104	98
15:00-16:00	230	321	115	110
16:00-17:00	269	362	134	137
17:00-18:00	288	348	144	138
18:00-19:00	269	336	134	152
19:00-20:00	242	317	121	143
20:00-21:00	201	311	100	126
21:00-22:00	122	218	61	103
22:00-23:00	5	6	2	48
23:00-24:00	0	0	0	0

Liite 3. Eri valmistajien loisteputkilamppujen valotehokkuuksia.

T8		lm/W
Aura	Eco Saver Cool Long Life T8 (51W)	88
	Eco Saver Long Life T8 (51W)	94
Osram	L 51W 840 Lumilux ES	90
Philips	TL-D Eco 51W 840 (MASTER)	94
	MASTER TL-D Eco 51W/840	89
Watt-miser	GE F-T8 51W/840	77
		<i>ka.</i> 89
T5		
Airam	T5 HO-840 G5 49W	92
Aura	T5 Eco Saver HO Long Life 49W	91
Osram	T5 HO 49W/840 FLH	88
Philips	T5 MASTER TL5 - TL5 HO 49W/840	89
Watt-miser	T5 High Output 46W	95
		<i>ka.</i> 91

Liite 4. Vähittäismyyntikauppaketjujen ominaiskulutukset



(jatkuu)

Liite 4 (jatkuu)

